

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОДЕЛИ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНОЙ ТОЧКИ И ФРАКТАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ БИООБЪЕКТА ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ДАТЧИКОВ КОНТРОЛЯ И ДОЗИМЕТРИИ ПАТОГЕННЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ

Е.В. ЛАРКИН, С.А. ЯШИН

Тульский государственный университет, пр-т Ленина, д.92, г. Тула, Россия, 300012

Аннотация: в статье рассматривается связь фрактальной геометрии с биофизикой, в частности с патогенными воздействиями электромагнитных излучений на персонал предприятий и учреждений, а также наиболее адекватная для технической реализации датчиков в системе контроля и дозиметрии модель биологически активной точки кожного покрова человека. Показано, что учет фрактальной структуры биообъекта объясняет многие естественнонаучные аспекты физики живого и фрактальной геометрией описываются многие происходящие в биосистеме процессы, в том числе патологические. Установлено, что ввиду множественности электромагнитных резонансов в биосистемах патогенность воздействия на человека в группе риска персонала должна учитываться в системах контроля и дозиметрии как распространение патогенных электромагнитных волн во фрактальной биосреде. Результаты выполненных исследований фрактальных свойств биообъектов привели к важному выводу – организм человека воспринимает патогенные излучения во всем их спектре, так как имеет развитую фрактальную структуру с множественными биорезонансами. В работе также показано, что наиболее информационно значимой является модифицированная модель Ходжкина – Хаксли для описания электромагнитных процессов в области биологически активной точки. В целях практической реализации модели на ЭВМ было произведено ее упрощение. Данная модель рекомендована в качестве исходной для технического проектирования датчиков контроля и дозиметрии воздействующих на персонал патогенных излучений.

Ключевые слова: электромагнитные волны, излучение, резонанс, биообъект, фрактальная геометрия, биологически активная точка, персонал.

USING A MODEL OF BIOLOGICALLY ACTIVE POINTS AND FRACTAL STRUCTURE OF A BIOOBJECT FOR THE IMPLEMENTATION OF THE SENSORS AND DOSIMETRY CONTROL OF PATHOGENIC RADIATION

E.V. LARKIN, S.A. YASHIN

Tula State University, av. Lenin, 92, Tula, Russia, 300012

Abstract. The authors present the relationship between the fractal geometry and biophysics, in particular the pathogenic effects of electromagnetic radiation on personnel of enterprises and institutions. A model of biologically active points of the skin of the person, which is the most adequate for the technical implementation of the sensors in the system for monitoring and dosimetry, is considered in this paper. It is shown that the fractal structure of a bioobject explains many of the natural science aspects of the physics, the fractal geometry and describes many processes in the biosystem, including pathological. It is established that due to the multiplicity of electromagnetic resonances in biological systems, the pathogenicity of human exposure in the risk group of staff must be taken into account in the systems of monitoring and dosimetry as a spreading of pathogenic electromagnetic waves in a fractal biological environment. The results of this research of fractal properties of biological objects allow to conclude that the human body perceives pathogenic radiation in all spectra, as it has developed fractal structure with multiple biological resonances. This research shows that the modified model of the Hodgkin - Huxley for the description of electromagnetic processes in the field of biologically active point is the most significant information. For the practical implementation of the model on the computer was produced simplification. This model is recommended as a basic reference for the technical design of the sensors monitoring and dosimetry affecting staff pathogenic radiation.

Key words: electromagnetic waves, radiation, resonance, bioobjects, fractal geometry, biologically active point, staff.

Возможности фрактального представления вещественно-полевой организации биообъекта (БО) позволяют адекватно объяснить многие естественнонаучные аспекты физики живого. Этой геометрией может быть описана в плоскости и в объеме любая система или процесс, отождествляемые с бесконечно

Библиографическая ссылка:

Ларкин Е.В., Яшин С.А. Использование модели биологически активной точки и фрактальной структуры биообъекта для реализации датчиков контроля и дозиметрии патогенных излучений // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2014. №1. Публикация 1-13. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2014-1/4679.pdf> (дата обращения: 20.12.2014).

ветвящимся множеством, то есть объекты любой, «неправильной» формы. Классические БО – это сердечно-сосудистая система, где совокупность кровеносных сосудов, ветвясь, образует системы от аорты до сосудов микроциркуляторного уровня (обратная, замыкающаяся на сердце система – от микроциркуляторного уровня до вен). Аналогичная ситуация с бронхо-легочной системой.

Цель исследования – доказательство необходимости учета в системах контроля и дозиметрии патогенности воздействия на человека в группе риска персонала электромагнитных волн как их распространения во фрактальной биологической среде. Рассмотрение и оптимизация исходной для технического проектирования датчиков контроля и дозиметрии модели биологически активной точки.

Материалы и методы исследования. Фрактальной геометрией наиболее адекватно описываются многие, в том числе патологические, процессы, происходящие в биосистеме, например, развитие опухолей с дробящимися метастазами, что крайне важно для групп риска персонала. При этом геометрия тканей (сосудов, метастазов новообразований и пр.) описывается – в плоскости – элементарным по форме основным уравнением фрактальной геометрии – уравнением (формулой) Мандельброта:

$$Z = Z^2 + C, \quad (1)$$

где Z – текущая координата точки; C – комплексный коэффициент.

При построении образа на плоскости Z в (1) суть комплексное число, а выбором комплексного числа C в каждом шаге построения регулируется угол текущего поворота геометрического образа. Таким образом, фрактальная геометрия применима для описания органов, систем и процессов в биосистеме «неправильной» формы с бесконечным дроблением.

Понятно, что нас более интересует вещественно-полевой аспект фрактальных преобразований. Действительно, это только в «классической» биологии и биомедицине предметом рассмотрения является вещество, то есть биоткань, процессы жизнедеятельности в котором реализуются посредством (био)химических реакций. Однако отождествлять жизнь исключительно с химическими и электрохимическими процессами в клеточно- и органно-структурированных агрегациях биомолекул (биополимеров) явно не адекватно процессам жизнедеятельности.

Мы не случайно попервоначально относимся именно к информационной первооснове живых систем – структуре и функциям ДНК. Действительно, сторонники «химической парадигмы» полагают линейное, механическое в своей основе, соответствие конкретных генов G_j конкретному же физиологическому признаку P_j :

$\{G_j \leftrightarrow P_j\}$ (рис. 1, а); на самом же деле более адекватной является фрактальная структура (рис. 1, б).

Более того, именно ДНК иллюстрирует тесную связь электродинамики живого и фрактальной геометрии, то есть для ДНК в процессе его функционирования характерны основные понятия современной электродинамики и фундаментальной физики: собственные характеристические частоты, когерентность полей, четность, спин, электрические и магнитные моменты, интерференционные и голографические структуры, солитонные *электромагнитные волны* (ЭМВ), энергетическая накачка активных центров для генерации индуцированных переходов в многомодовых лазерных системах и пр. Понятно, что мощности *электромагнитных полей* (ЭМП) в таких структурах исчезающе малы, то есть переход из метастабильного в основное состояние осуществляется счетными квантами *электромагнитного излучения* (ЭМИ) порядка 10^{-20} Вт/Гц·см².

Из сказанного выше следует: ДНК в ее функционировании механизма передачи генетической информации является объектом вещественно-полевой фрактальной организации, причем описывающие ДНК фракталы являются эволюционными.

Справедлива

Лемма. *Биомолекула ДНК содержит все основные признаки вещественно-полевой фрактальной организации эволюционного типа, то есть самоподобное нарастание ДНК происходит в процессе эволюции живого от предживых вирусов до homo sapiens* [1].

Рассмотрим в аспекте темы статьи еще один характерный пример, поясняющий связь фрактальной геометрии с биофизикой, а плане практическом – с патогенными воздействиями ЭМИ на человека (персонал).

Речь пойдет о спектрах излучений, в том числе и ЭМ-излучений биосистем, как в ситуации *донор-акцепторного переноса* (ДАП) ЭМИ [3]. Выше мы уже определились с утверждением: биосреда по своим вещественно-полевым свойствам имеет фрактальную (или мультифрактальную) организацию. Конкретизируем это представление.

Библиографическая ссылка:

Ларкин Е.В., Яшин С.А. Использование модели биологически активной точки и фрактальной структуры биообъекта для реализации датчиков контроля и дозиметрии патогенных излучений // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2014. №1. Публикация 1-13. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2014-1/4679.pdf> (дата обращения: 20.12.2014).

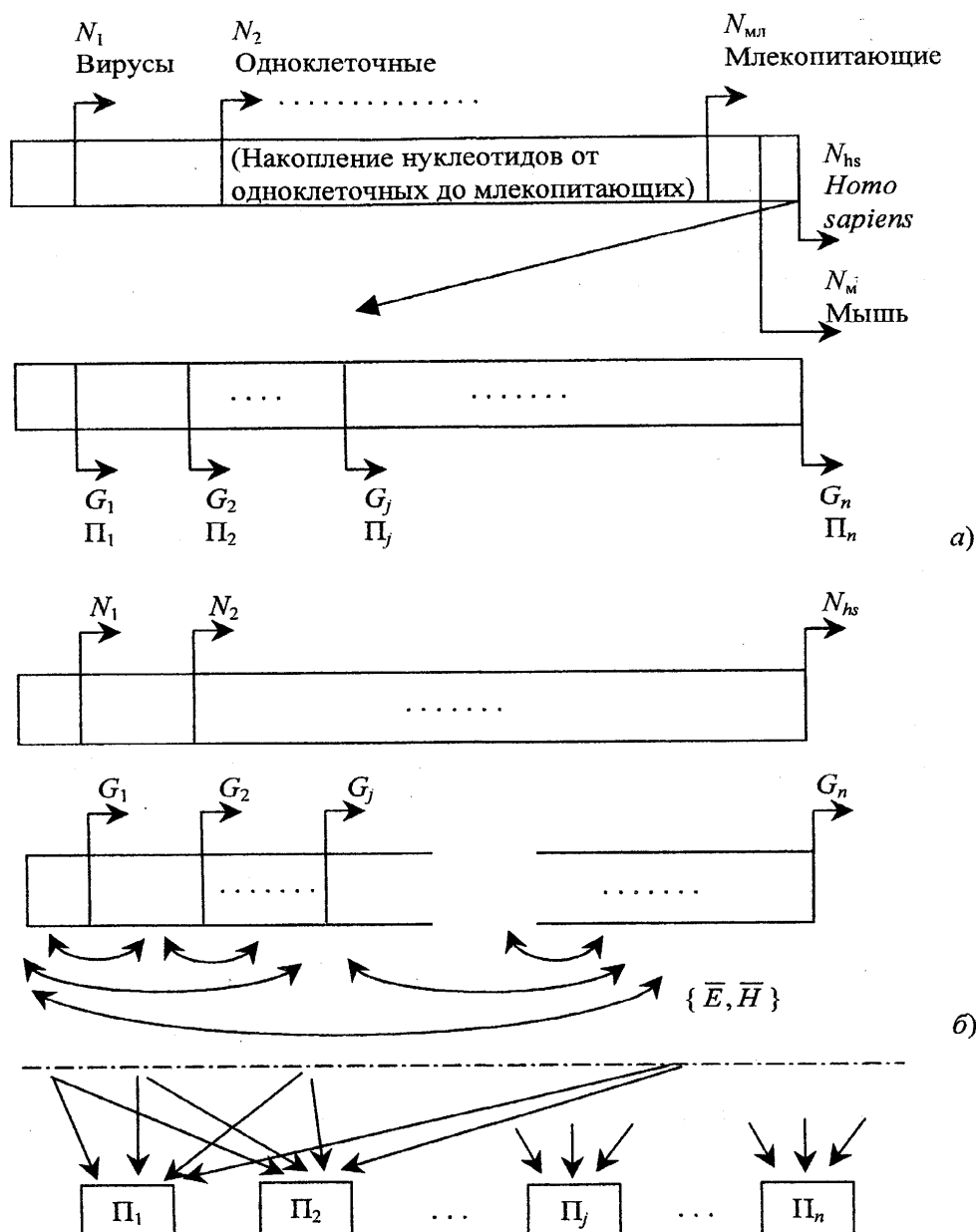


Рис. 1. К иллюстрации «химической парадигмы» – механического перебора генов и отождествления $\{G_j \leftrightarrow \Pi_j\}$ (а) и вещественно-полевой концепции физиологического выявления кода ДНК (б)

Удобство описания фракталами энергетических процессов в биосистемах состоит в том, что последние, как правило, есть непрерывные, бесконечные и недифференцируемые функциональные зависимости от исходных параметров. В то же время фрактальная геометрия весьма успешно «работает» с такими функциями. В частности, комплексная функция Вейерштрасса

$$W_0(t) = (1 - w^2)^{-1/2} \sum_0^{\infty} w^n \exp(2\pi b^n t), \quad (2)$$

где $b > 1$ есть вещественное число, а параметр w записывается двояко: а) $w = b^{-H}$ ($0 < H < 1$); б) $w = b^{D-2}$ ($1 < D < 2$), – является наиболее часто используемой в теории и практике фракталов (вещественную и мнимую части (2) принято называть *косинусоидой* и *синусоидой Вейерштрасса*).

Библиографическая ссылка:

Ларкин Е.В., Яшин С.А. Использование модели биологически активной точки и фрактальной структуры биообъекта для реализации датчиков контроля и дозиметрии патогенных излучений // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2014. №1. Публикация 1-13. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2014-1/4679.pdf> (дата обращения: 20.12.2014).

Функция Вейерштрасса по определению непрерывна и недифференцируема – за исключением случая $D < 1$: здесь она непрерывна и дифференцируема. Именно эти свойства функции $W_0(t)$ и обусловили ее использование в теории фракталов [4] в части, касающейся спектрально-энергетических задач.

Для электрофизических процессов, описываемых в биосистеме функцией $W_0(t)$ (2), наблюдается *расходимость энергии*. Это означает, что: а) с точки зрения математического описания процессов биофизики мы имеем дело с фрактальным аппаратом; б) с позиций биофизики – опять-таки проявляется основная доминанта живой материи: сочетание дискретного и непрерывного бесконечного. А поскольку электромагнитные процессы в биосистемах характеризуются сверхмалыми мощностями (амплитудами спектральных составляющих) вплоть до действительности счетных квантов, то возникает, в связи со сказанным выше, естественный вопрос: что является действительным в *электромагнитном* (ЭМ) сигнале: его энергетическая основная спектральная полоса (как это принято в технической электродинамике и прикладной радиофизике; см. теорему Котельникова) или же весь бесконечный спектр? Скорее всего здесь следует склоняться ко второму.

В аспекте темы настоящей статьи вопросы фрактальной геометрии мы затронули в той степени, что нас интересует множественность ЭМ-резонансов в биосистемах. То есть патогенность воздействия на человека в группе риска персонала должна учитываться в системах контроля и дозиметрии как пространство (патогенных) ЭМВ во фрактальной биосреде.

Рассмотрим характерный пример распространения ЭМВ в биологических фрактальных средах. Здесь, в первую очередь, следует вести речь о восприятии живыми системами ЭМИ. Сама организация живой природы дает массу примеров «конструирования» природных антенных систем.

Это прежде всего естественные приемные антенны растений, воспринимающие ЭМВ солнечного излучения. Выше мы говорили преимущественно о восприятии ЭМВ и распределении ЭМП в живых организмах животного происхождения, отчасти опуская растительный мир. Для растений процессы восприятия ЭМВ носят не менее сложный характер, достаточно вспомнить их роль как основных аккумуляторов источника жизни на Земле – процесс фотосинтеза. В то же время есть существенная разница между восприятием внешних ЭМП между животными и растениями, в частности, в части «приемных антенн» для растений вполне применима аналогия *технических и природных антенн*. Действительно, если сравнить логарифмическую телевизионную антенну (рис. 2, а) столь хорошо всем знакомую, и формообразующие остовы игл и листьев растений (рис. 2, б), то аналогия самоочевидна. Можно по-разному воспринимать утверждение о том, что внешнее сходство объектов различной физической природы свидетельствует о некотором сходстве их функционального назначения, однако в данном случае – это откровенная мысль.

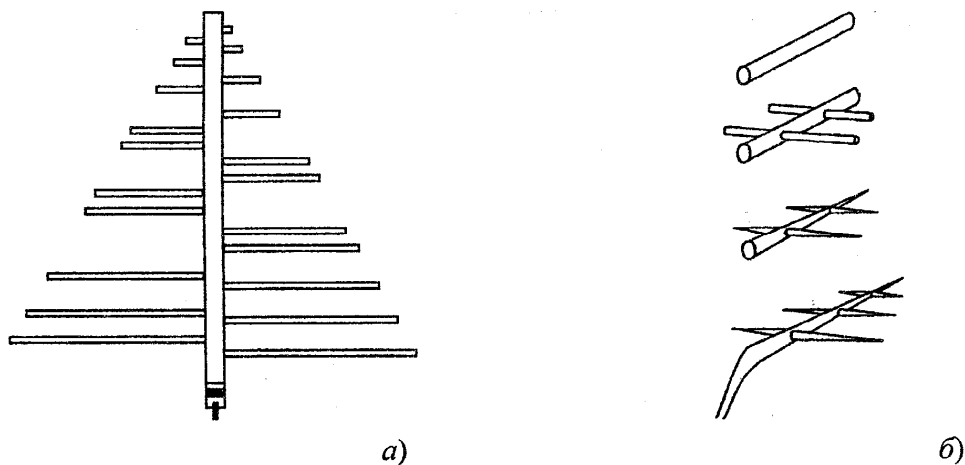


Рис. 2. К восприятию растениями внешних ЭМП и аналогии технических и природных приемных антенн: логарифмическо-периодическая телевизионная антенна (а) и модели остовов игл и листьев растений (б)

Для растений процесс жизнедеятельности и их основная функция – фотосинтез сводится к балансу окружающей температуры, влажности и давления воздушной среды, поступлению питательных веществ и воды из почвы и т. п. Важнейшими составляющими этого баланса являются интенсивности внеш-

Библиографическая ссылка:

Ларкин Е.В., Яшин С.А. Использование модели биологически активной точки и фрактальной структуры биообъекта для реализации датчиков контроля и дозиметрии патогенных излучений // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2014. №1. Публикация 1-13. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2014-1/4679.pdf> (дата обращения: 20.12.2014).

них ЭМП и их распределение по диапазонам от радиочастот до УФ-диапазона. Поэтому и закономерна постановка вопроса о приемной системе растений, то есть о природных антеннах.

Внешнее сходство технических систем и природных антенн не должно предполагать полную аналогию. Действительно, показанная на рис. 2, а техническая антенна есть двухпроводная система, разомкнутая на внешнюю среду (эфир) своими вибраторами со строгим поддержанием поляризации. В растении же, например, в остве – прожилках листьев (рис. 2, б), такая двухпроводность и соблюдение поляризации отсутствуют, хотя наличествует проводимость (водная основа растений, растворенные минеральные элементы и пр.).

Однако, рассматривая технические приемные системы КВЧ и квазиоптического диапазонов, можно сделать вывод о достаточной аналогии диэлектрических антенн, используемых вплоть до диапазона УФ, и листьев и игл растений, поскольку в диэлектрических открытых антеннах используется режим поверхностной волны. Более того, лист (иглу) можно рассматривать как плоскую диэлектрическую антенну с эквивалентом направляющей (усиливающей сигнал) радиотехнической структуры – прожилками листа, что и обеспечивает биорезонанс.

В зависимости от преобладающего диапазона частот, принимаемых конкретным видом растений, соответственно эволюционно строились и приемная антенна растений (рис. 2, б); здесь «настройка» на диапазон сводится к варьированию *резонансной структуры*, системы вибраторов – числу, форме и взаимному расположению прожилок и других электрофизических, геометро-топологических и фрактальных характеристик.

Не удивительно, что фрактальные антенны уже практически используются в радиотехнике и радиолокации [8]. Вполне допустимо, что они станут базовыми для аппаратуры контроля и дозиметрии в информационно-управляющих системах защиты персонала от патогенного ЭМИ.

Рассмотренные примеры (технических) фрактальных антенн подтверждают антенную же фрактальную структуру фотосинтезирующих (БО), в первую очередь, растений. Кроме того, открывается возможность технического моделирования фрактальных характеристик биосистем, что весьма существенно при детальном исследовании электродинамических процессов и распространения ЭМВ в средах профессиональной занятости человека.

Перейдем к использованию модели биологически активной точки (БАТ) кожного покрова человека для реализации – по принципу биотехнической аналогии – датчиков контроля и дозиметрии патогенных излучений.

Модели БАТ кожного покрова человека были разработаны в Тульской научной школе биофизики полей и излучений [1, 2, 5, 6, 7] и являются, на сегодняшний день, наиболее адекватными для технической реализации датчиков в системе контроля и дозиметрии.

Ученые Тульской научной школы склоняются к тому, что связь кожи с внутренними органами складывается в эмбриональный период в виде молекулярной цепочки, поскольку кожа и нервная система формируются из одной структуры. Передача возбуждения от БАТ возможна не только по нервным волокнам, но и по цепочке клеток, объединенных между собой механически и электротонически системой межклеточных контактов.

Методами микропрепарирования установлено наличие в зоне БАТ нервных стволиков и вен, иногда БАТ проецируется над входом нервного стволика в мышцу. В 42% случаев в зоне БАТ или вблизи них обнаруживается подкожный нерв, в 40% – подкожная вена с нервными сплетениями, в 18% – подкожная артерия с нервными сплетениями.

Результаты изучения морфофункциональных характеристик кожи зон БАТ дает основание заключить, что функциональные особенности этих зон детерминированы их структурой и пространственными связями в системе точки. В процессе развития и течения реакций, обусловленных воздействиями на БАТ, большую роль играет высвобождение депонированных в них биологически активных веществ и воздействие последних не только на экстерорецепторы кожи, но и на интерорецепторы сосудов и оболочек нервов, а также на рецепторы нервов и сосудов связанных с БАТ внутренних органов.

В основе электромагнитных явлений, происходящих в клетках организма, лежит изменение числа носителей зарядов. Поэтому свойства энергоинформационной системы во многом определяются электронной эмиссией в БАТ. Параметры и характеристики каждой из БАТ, будучи коррелированы с другими БАТ, циклически изменяются. Значения и динамика этих изменений зависят от состояния внутренних органов и систем, связанных с БАТ. Полученные средние значения электрических параметров тканей БАТ сведены в табл. 1.

Согласно современным исследованиям [2], БАТ представляют собой повышенное скопление нервных окончаний в некоторой локальной области на кожном покрове БО. Именно эти рецепторы являются источниками самых разнообразных процессов, которые наблюдаются в БАТ. Рецепторное поле – область концентрации рецепторных окончаний – ветвлений дендритов чувствительных нейронов. Рецеп-

Библиографическая ссылка:

Ларкин Е.В., Яшин С.А. Использование модели биологически активной точки и фрактальной структуры биообъекта для реализации датчиков контроля и дозиметрии патогенных излучений // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2014. №1. Публикация 1-13. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2014-1/4679.pdf> (дата обращения: 20.12.2014).

торное поле может быть источником осязаемого ощущения и источником рефлекса, то есть *рефлексогенной зоной* (РГЗ).

Таблица 1

Средние значения электрических параметров тканей БАТ

№ п/п	Параметр ткани БО в области БАТ	Значение
1	Напряжение пробоя кожи	10...50 В
2	Напряжение ионизации молекул подкожных слоев	2 В
3	Электрический потенциал кожи в БАТ	до 350 мВ
4	Градиент потенциала в БАТ	2...3 мВ
5	Сопротивление сухого наружного покрова (рогового слоя)	100...1000 кОм
6	Диапазон изменения сопротивления БАТ	20...250 кОм
7	Номинальное значение сопротивления БАТ	50...100 кОм
8	Диапазон изменения сопротивления БАТ при механическом воздействии	900 кОм
9	Емкость между электродом, находящимся на коже и подкожными тканями	0,01...0,02 мкФ/см ²
10	Ток поляризации тканей	10...100 мкА

Рецепторные зоны – территориально ограниченное скопление рецепторов с повышенной чувствительностью к раздражениям, а рефлексогенные зоны – высокочувствительные области, позволяющие вызывать рефлексы при относительно слабой силе раздражителя.

С точки зрения функционального назначения рецепторные поля существенно отличаются от РГЗ. Рецепторные поля обладают диффузным распределением рецепторов на единицу площади, точнее, на единицу объема массы ткани. Это распределение обычно весьма неравномерно. Если говорить о поверхности кожи, то в зонах БАТ концентрация рецепторов значительно повышена и носит диффузный характер.

Математические модели рецепторов в областях БАТ исследованы многими исследователями. Сводка их дана в [2]. В частности, для расчета потенциала на БАТ наиболее часто используются модели Нернста и Гольдмана и др. Для темы настоящей работы наиболее информационно значимой полагаем модифицированную модель Ходжкина – Хаксли для описания ЭМ-процессов в области (зоне) БАТ; рассмотрим ее подробнее [2].

Под потенциалом действия в дальнейшем будем понимать электрический импульс, обусловленный изменением ионной проницаемости мембраны нервного окончания (аксона) и связанный с распространением по нервам волны возбуждения.

Возбуждение мембраны описывается уравнениями Ходжкина-Хаксли. Главное из этих уравнений имеет следующий вид:

$$I_m = C_m \frac{d\varphi}{dt} + \sum_i I_i, \quad (3)$$

где I_m – общий ток через мембрану, $\frac{d\varphi}{dt}$ – скорость изменения потенциала на аксоне, $\sum_i I_i$ – трансмембранный ионный ток, C_m – мембранная емкость.

Трансмембранный ток складывается из ионных токов: ионов калия – I_K , натрия – I_{Na} , других ионов, в том числе хлора, а также так называемого тока утечки I_{um} . Емкостный ток $C_m \frac{d\varphi}{dt}$ обусловлен перезарядкой конденсатора, который представляет собой мембрана нервного окончания перетеканием зарядов с одной ее поверхности на другую.

На рис. 3 представлена эквивалентная электрическая схема элемента возбудимой мембраны.

Каждый ионный ток определяется разностью потенциала на аксоне φ и равновесного потенциала, создаваемого диффузией ионов данного типа: $I_i = g_i(\varphi - \varphi_i)$, (4)

где g_i – проводимость элемента мембраны для ионов данного типа.

Воспользовавшись уравнением (4) перепишем выражение (3) в виде:

Библиографическая ссылка:

Ларкин Е.В., Яшин С.А. Использование модели биологически активной точки и фрактальной структуры биообъекта для реализации датчиков контроля и дозиметрии патогенных излучений // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2014. №1. Публикация 1-13. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2014-1/4679.pdf> (дата обращения: 20.12.2014).

$$I_m = C_m \frac{d\varphi}{dt} + g_K(\varphi - \varphi_K) + g_{Na}(\varphi - \varphi_{Na}) + I_{UT}. \quad (5)$$

Согласно теории Ходжкина-Хаксли [2], возбуждение элемента мембраны связано с изменениями проводимости мембраны для ионов натрия и калия.

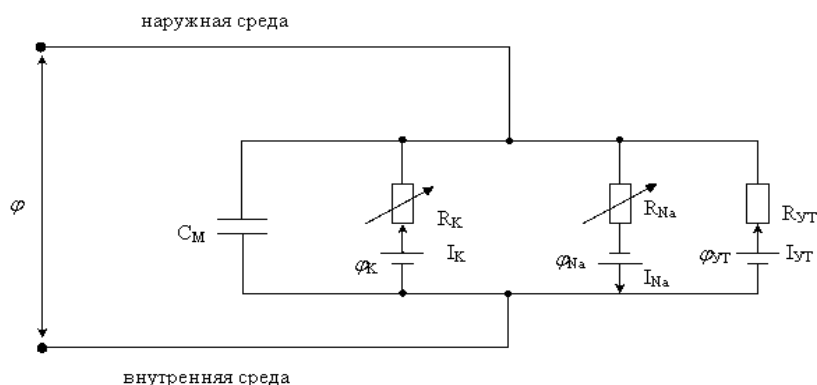


Рис. 3. Эквивалентная электрическая схема элемента возбудимой мембраны

K-проводимость мембраны в любой момент времени равна:

$$g_K = \bar{g}_K n^4, \quad (6)$$

где \bar{g}_K – максимальная проводимость для ионов калия, n – вероятность того, что одна частица, управляющая K-проницаемостью, находится в правой части мембраны.

Параметр n может варьироваться в пределах от 0 до 1 и определяется дифференциальным уравнением вида:

$$\frac{dn}{dt} = \alpha_n(1-n) - \beta_n n \quad (7)$$

где α и β – константы скоростей перехода заряженных частиц через потенциальный барьер.

Задаваясь граничными условиями $n = n_0$ при $t = 0$ и $n = n_\infty$ при $t = \infty$, можно получить решение уравнения (8):

$$n(t) = n_\infty - (n_\infty - n_0)e^{-\left(\frac{t}{\tau_n}\right)} \quad (8)$$

где $\tau_n = \frac{1}{\alpha_n + \beta_n}$.

Изменение Na-проводимости описывается уравнением:

$$g_{Na} = \bar{g}_{Na} m^3 h \quad (9)$$

где \bar{g}_{Na} – максимальная Na-проводимость, m – вероятность нахождения в заданном участке мембраны активизирующей m -частицы, h – вероятность того, что инактивирующая частица на этом участке отсутствует.

При наложении поля, перемещающего заряженные частицы с одной стороны мембраны на другую, m возрастает в пределах от 0 до 1, а h снижается (в пределе до 0).

Кинетика перераспределения частиц через мембрану при наложении электрического поля описывается одноподобными уравнениями

$$\begin{cases} \frac{dm}{dt} = \alpha_m(1-m) - \beta_m m; \\ \frac{dh}{dt} = \alpha_h(1-h) - \beta_h h, \end{cases} \quad (10)$$

где α и β – константы скорости, зависящие только от мембранного потенциала.

Решение уравнений (10) имеет вид:

Библиографическая ссылка:

Ларкин Е.В., Яшин С.А. Использование модели биологически активной точки и фрактальной структуры биообъекта для реализации датчиков контроля и дозиметрии патогенных излучений // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2014. №1. Публикация 1-13. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2014-1/4679.pdf> (дата обращения: 20.12.2014).

$$\begin{cases} m(t) = m_{\infty} - (m_{\infty} - m_0)e^{\left(-\frac{t}{\tau_m}\right)}, \\ h(t) = h_{\infty} - (h_{\infty} - h_0)e^{\left(-\frac{t}{\tau_h}\right)}, \end{cases} \quad (11)$$

где $\tau_m = \frac{1}{\alpha_m + \beta_m}$, $\tau_h = \frac{1}{\alpha_h + \beta_h}$.

Значения n_{∞} , m_{∞} , h_{∞} обычно определяют из граничных условий вида:

$$n_{\infty} = \frac{\alpha_n}{\alpha_n + \beta_n}, \quad m_{\infty} = \frac{\alpha_m}{\alpha_m + \beta_m}, \quad h_{\infty} = \frac{\alpha_h}{\alpha_h + \beta_h}. \quad (12)$$

В результате анализа кинетических кривых активации и инактивации К- и Na-проводимости А. Ходжкин и А. Хаксли построили графические зависимости параметров α_m , β_m , α_h , β_h , α_n , β_n , а также m_{∞} , n_{∞} , h_{∞} от мембранного потенциала и подобрали эмпирические соотношения, описывающие вид указанных зависимостей. На основе полученной математической модели Ходжкину и Хаксли удалось с высокой точностью воспроизвести нервный импульс, генерируемый мембраной аксона в различных экспериментальных условиях.

Модель Ходжкина-Хаксли рассматривает активацию и инактивацию каналов как полностью независимые друг от друга процессы, которые определяются лишь перемещением заряженных частиц. Тогда с учетом уравнения (5) имеем выражение для общего тока, текущего по аксону:

$$I = C \frac{d\varphi}{dt} + m^3 h \bar{g}_{Na} (\varphi - \varphi_{Na}) + n^4 \bar{g}_K (\varphi - \varphi_K) + I_{VT}. \quad (13)$$

Таким образом, все электрические свойства нервного окончания описываются соответствующими зависимостями коэффициентов от h , m , n .

Результаты и их обсуждение. *Выполненные исследования фрактальных свойств биообъектов* – от субклеточных структур до целостных организмов – в контексте настоящей работы, позволяют сделать важный вывод: фрактальная структура БО «спроектирована» природой для множественного распределения биорезонансов, что, в свою очередь, позволяет БО воспринимать (к сожалению) патогенные излучения во всем их спектре, учитывая, что организм человека имеет развитую фрактальную структуру с множественными биорезонансами $\sum_{i=1}^n BR_i$ с максимизацией $\max\{n\}$, что соответствует $\max\{\hbar\nu\}$, то есть восприятию максимальной (возможной) энергии патогенных ЭМИ во всем спектре восприятия, то есть

$$\sum_{i=1}^n BR_i \Rightarrow \max\{\hbar\nu\} \in S(\omega), \quad (14)$$

где BR – биорезонанс; $S(\omega)$ – спектр патогенного ЭМИ в среде персонала.



Рис. 4. К ситуации комбинированных видов биорезонанса в БО по отношению к солнечному излучению

Библиографическая ссылка:

Ларкин Е.В., Яшин С.А. Использование модели биологически активной точки и фрактальной структуры биообъекта для реализации датчиков контроля и дозиметрии патогенных излучений // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2014. №1. Публикация 1-13. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2014-1/4679.pdf> (дата обращения: 20.12.2014).

Для выполнения (14) задействуются все три основных типа биорезонансов (рис. 4), а именно:

- наличие частотного биорезонанса вытекает непосредственно из (14);
- двойной частотный резонанс – суть восприятие БО солнечного излучения, модулированного собственным интегративным электромагнитным полем (СИ ЭМП);
- стохастический биорезонанс есть реальное условие восприятия БО патогенного излучения: на него накладывается естественный ЭМ-шум;
- киральный резонанс учитывает вращение (*D*- и *L*-формы киральности) плоскости поляризации патогенного излучения.

Наиболее важен учет киральных биорезонансов для магнитных полей, поскольку при всплесках солнечной активности геомагнитное поле Земли возмущается с выраженной *D*- или *L*-завихрениями МП.

Таким образом, все биоструктуры настроены одновременно на все основные виды биорезонансов.

Математическая модель Ходжкина-Хаксли является достаточно полным описанием процессов электрического возбуждения в рецепторах БАТ. Однако она достаточно сложна как для анализа, так и для выполнения имитационного моделирования на ЭВМ. Так одновременно необходимо решить дифференциальное уравнение для тока (13), три дифференциальных уравнения вида (7) и (10) для параметров m , n , и h , в которых коэффициенты $\alpha_m, \beta_m, \alpha_h, \beta_h, \alpha_n, \beta_n$ являются сложными, эмпирически подобранными функциями потенциала.

Поэтому в целях практической реализации модели на ЭВМ было произведено ее упрощение, описываемое в [2]. Для этого произведем разделение быстро и медленно меняющихся переменных. Действительно, переменная *Na*-активации m изменяется на порядок быстрее, чем переменные n и h . Постоянная времени τ_m составляет $\sim 10^{-4}$ с, а $\tau_n \approx \tau_h \sim 2 \cdot 10^{-3}$ с. Поэтому основное изменение параметров n и h происходит при установившемся значении m ($m = m_\infty$).

Рассмотрим, как упрощается система уравнений, описывающая электрические процессы, происходящие на рецепторах БАТ, при замене переменной m на ее стационарное значение. Также учтем экспериментально установленный факт, что значения n и h связаны между собой соотношением:

$$h + n = G = const \approx 0,85.$$

Тогда с учетом уравнений (4), (6), (7) и (9) получим следующую систему дифференциальных уравнений:

$$\begin{cases} C \frac{d\varphi}{dt} = I - I_{VT} - (\bar{g}_{Na} m_\infty^3 (G - n)(\varphi - \varphi_{Na}) + \bar{g}_K n^4 (\varphi - \varphi_K)); \\ \frac{dn}{dt} = \frac{n_\infty - n}{\tau}. \end{cases} \quad (15)$$

Полученная упрощенная система уравнений (15) содержит только две переменные n и φ вместо четырех в исходной системе.

Полагая ток утечки пренебрежимо малым и задавая различный вид функций $I(t)$, можно получить решение системы (15) относительно потенциала действия на БАТ.

Расчеты, выполненные на ЭВМ, показали, что при выборе различных параметров модели значения потенциала действия лежат в интервале 250÷350 мВ. Тогда $\varphi_{БАТ} = \varphi_n + \varphi_d$ принадлежит интервалу 300÷400 мВ, что находится в согласии с экспериментальными данными [2].

Приведенные выше математические соотношения являются исходными для разработки структурных схем работы БАТ и технического проектирования датчиков контроля и дозиметрии патогенных излучений, воздействующих на персонал.

Выводы:

1. Организм человека воспринимает патогенные излучения во всем их спектре, т.к. имеет развитую фрактальную структуру.
2. Патогенность воздействия на человека в группе риска персонала должна учитываться в системах контроля и дозиметрии как распространение ЭМВ во фрактальной биосреде.
3. Рассмотренные в статье математические соотношения являются исходными для разработки структурных схем работы БАТ и технического проектирования датчиков контроля и дозиметрии патогенных излучений, воздействующих на персонал.

Литература

Библиографическая ссылка:

Ларкин Е.В., Яшин С.А. Использование модели биологически активной точки и фрактальной структуры биообъекта для реализации датчиков контроля и дозиметрии патогенных излучений // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2014. №1. Публикация 1-13. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2014-1/4679.pdf> (дата обращения: 20.12.2014).

1. Биорезонансные эффекты при воздействии электромагнитных полей: физические модели и эксперимент: монография / Яшин С.А. [и др.]; под ред. А.А.Яшина; НИИ НМТ, НИЦ «Матрикс». Москва; Тверь ; Тула: Триада, 2007. 160 с.
2. Биофизические исследования собственных электромагнитных полей биообъектов: монография / Москвин С.В. [и др.]; под ред. Т.И.Субботиной, А.А.Яшина; НИИ НМТ, НИЦ «Матрикс». Москва; Тверь; Тула: Триада, 2007. 192 с.
3. Электродинамический перенос физиологических характеристик с одного биообъекта на другой / Яшин С.А. [и др.] // Физика волновых процессов и радиотехнические системы. 2011. Т. 14. № 3. С. 137–147.
4. Мандельброт Б. Фрактальная геометрия природы; пер. с англ. под ред. А.В. Морозова. М.: Ин-т компьютерных исследований, 2002. 656 с.
5. Новиков А.С., Яшин А.А., Яшин С.А. Исследование электромагнитных биорезонансов во фрактальных растительных средах // Лесной вестник: Вестник Московского государственного университета леса. 2008. № 6 (63). С. 183–186.
6. Новиков А.С., Яшин С.А. Методы вейвлет-анализа в электромагнитобиологии. Физика и технические приложения волновых процессов: Приложение к журналу «Физика волновых процессов и радиотехнические системы». Самара, 2006. 390 с.
7. Новиков А.С., Яшин С.А. Электродинамическое моделирование базовых узлов устройств КВЧ-терапии // Физика и технические приложения волновых процессов: Приложение к журналу «Физика волновых процессов и радиотехнические системы». Самара, 2006. С. 393–394.
8. Потапов А.А. Фракталы в радиофизике и радиолокации. М.: Логос, 2002. 664 с.

References

1. Yashin SA, et al. Biorezonansnye efekty pri vozdeystvii elektromagnitnykh poley: fizicheskie modeli i eksperiment: monografiya; pod red. A.A.Yashina; NII NMT, NITs «Matriks». Moscow; Tver';Tula: Triada; 2007. Russian.
2. Moskvin SV, et al. Biofizicheskie issledovaniya sobstvennykh elektromagnitnykh poley bioob"-ektov: monografiya; pod red. T.I.Subbotinoy, A.A.Yashina; NII NMT, NITs «Matriks». Moscow; Tver'; Tula: Triada; 2007. Russian.
3. Yashin SA, et al. Elektrodinamicheskij perenos fiziologicheskikh kharakteristik s odnogo bio-ob"ekta na drugoy; Fizika volnovykh protsessov i radiotekhnicheskie sistemy. 2011;14(3)P:137-47. Russian.
4. Mandel'brot B. Fraktal'naya geometriya prirody; per. s angl. pod red. A.V. Morozova. M.: In-t komp'yuternykh issledovaniy; 2002. Russian.
5. Novikov AS, Yashin AA, Yashin SA. Issledovanie elektromagnitnykh biorezonansov vo frak-tal'nykh rastitel'nykh sredakh. Lesnoy vestnik: Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo universiteta lesa. 2008;6(63):183-6. Russian.
6. Novikov AS, Yashin SA. Metody veyvlet-analiza v elektromagnitobiologii. Fizika i tekhnicheskie prilozheniya volnovykh protsessov: Prilozhenie k zhurnalu «Fizika volnovykh protsessov i radio-tekhnicheskie sistemy». Samara; 2006. Russian.
7. Novikov AS, Yashin SA. Elektrodinamicheskoe modelirovanie bazovykh uzlov ustroystv KVCh-terapii. Fizika i tekhnicheskie prilozheniya volnovykh protsessov: Prilozhenie k zhurnalu «Fizika vol-novykh protsessov i radiotekhnicheskie sistemy». Samara; 2006. Russian.
8. Potapov AA. Fraktaly v radiofizike i radiolokatsii. Moscow: Logos; 2002. Russian.

Библиографическая ссылка:

Ларкин Е.В., Яшин С.А. Использование модели биологически активной точки и фрактальной структуры биообъекта для реализации датчиков контроля и дозиметрии патогенных излучений // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2014. №1. Публикация 1-13. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2014-1/4679.pdf> (дата обращения: 20.12.2014).