

МАТЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ ПО НЕЙРОФИЗИОЛОГИЧЕСКИМ ЭФФЕКТАМ НЕИОНИЗИРУЮЩЕЙ РАДИАЦИИ

Р.А. Чиженкова

Институт биофизики клетки РАН, Россия, Московская область, г. Пущино

Представлены библиометрические сведения относительно нейрофизиологических исследований действия неионизирующей радиации. Источником информации служили базы данных "Medline" и "Current Content System Search", доступных посредством интернета. Рассмотрены количественные характеристики работ, выполненных с использованием электромагнитных, магнитных и электрических полей за 35-летний интервал времени (1966-2000 гг.). Проанализирована динамика чисел публикаций этих направлений, и приведены причины ее особенностей. Сделан вывод о перспективах нейрофизиологических исследований действия неионизирующей радиации.

Введение

Эволюция нашей цивилизации неразрывно связана с развитием познания мира. Интерес к биологическому действию неионизирующих излучений сопровождал человечество в течение всех исторических периодов. Повсеместное распространение электромагнитных полей (ЭМП) широкого диапазона частоты и интенсивности, а также магнитных (МП) и электрических полей (ЭП) в течение последних десятилетий создало новые условия жизни, что стимулировало изучение влияния указанных факторов на организм [3].

В XX существенную лепту в развитие данной проблемы внесли российские (советские) исследователи (в том числе и автор настоящей работы), что в немалой степени связано с именем академика М.Н. Ливанова, одного из выдающихся основоположников отечественной электрофизиологической школы. Именно в лаборатории М.Н. Ливанова были проведены фундаментальные исследования действия физических факторов на нервную систему. Результаты этих исследований в настоящее время вошли в значимый фонд мировой науки и уже признаны классическими.

Библиометрическое изучение опубликованного материала по электромагнитной биологии до сих пор проведено не было. Имеют место лишь отдельные количественные сведения относительно работ данного направления. Предполагается, что к середине 70-годов XX столетия существовало более

трех тысяч литературных источников по биологическому действию ЭМП радиочастот и около двух тысяч по биологическому действию МП [3]. Через 20 лет число публикаций, связанных с электромагнитной биологией, как считают, выросло до 10 тысяч [2, 12].

В настоящее время развитие Интернета дало уникальные возможности для осуществления библиометрического анализа научных публикаций. Недавно нами была рассмотрена общая библиометрическая картина исследований биологического действия неионизирующей радиации [10, 14].

Необходимым продолжением указанных исследований должен служить специальный библиометрический анализ публикаций в довольно широкой области, которую, по аналогии с самим понятием электромагнитной биологии, можно обозначить как электромагнитная нейрофизиология. Задача настоящих исследований заключалась в раздельном библиометрическом анализе нейрофизиологических работ, выполненных с применением неионизирующих излучений разных типов. В качестве основных рубрик, касающихся неионизирующих излучений, были выбраны ЭМП без указания частотного диапазона, поле СВЧ в силу повышенного интереса исследователей последней трети XX века к этому фактору, а также МП и ЭП. При этом предусматривалось рассмотрение количественных характеристик работ указанной специфики, сравнение результатов относительно исполь-

зования в нейрофизиологических исследованиях разных физических факторов и выяснение динамики выбранных показателей.

Материалы и методы

Библиометрические исследования информации, накопленной в мире по электромагнитной нейрофизиологии, проведено за временной интервал с 1966 по 2000 гг. Анализ выполнен на основе баз данных "Medline" и "Current Content System Search", доступных посредством интернета. Сложные информационные системы такого уровня "a priori" не могут не обладать недостатками, что было рассмотрено в наших предыдущих работах [12]. Однако большой объем сведений, содержащихся в них, в должной степени нивелирует возможные погрешности.

Библиометрические сведения относительно публикаций, касающихся неионизирующих излучений, были получены по следующим крупным рубрикам: ЭМП без указания частотного диапазона, поле СВЧ, МП, ЭП. Количественные показатели определялись для каждого рассматриваемого года.

Сравнение средних величин чисел публикаций определенных направлений классически проводили на основе критерия Стьюдента. Распределения вариант анализируемых совокупностей отличались от нормального, однако величина выборок формально позволяла использовать данный критерий. Сопоставление самих распределений чисел работ указанного профиля по годам в течение 35-летнего периода осуществляли посредством критериев знаков и Вилкоксона. Сопоставление долей работ, выполненных с применением разных физических факторов в общей совокупности исследований, выполняли в виде сравнения двух выборочных долей вариант. Корреляционную взаимосвязь чисел публикаций по нейрофизиологическим эффектам разных физических факторов традиционно рассматривали на основе коэффициентов корреляции.

При анализе динамики чисел публикаций проводили объединение сведений, полученных за 5 летние периоды, что приводило к "выравниванию рядов" и подчеркивало направленность изменений. Сопоставление чисел работ в разные временные интервалы выполняли как сравнение двух выборочных долей вариант.

Результаты

Библиометрические данные по работам, выполненным с применением неионизирующих излучений, за 1966-2000 годы включают 21606 публикаций, в том числе 6001 с ЭМП, 6920 с СВЧ, 5316 с МП и 3369 с ЭП. Соотношение количественных показателей работ с использованием указанных физических факторов и их динамика на протяжении указанного временного периода были рассмотрены нами в другом месте [10, 14]. Что касается библиометрических сведений относительно нейрофизиологических работ за эти годы, они еще более обширны и содержат 1401300 публикаций. Соотношение количественных показателей работ, выполненных на разных нейрофизиологических объектах, и их динамика также уже проанализированы нами [10, 14].

Сведения по числам работ, выполненных на нейрофизиологических объектах с использованием ЭМП, СВЧ, МП и ЭП, отражены в таблицах 1, 2 и 3. В первой из них даны суммарные характеристики полученного материала. Во второй приведено математическое сопоставление этих данных по использованным рубрикам. В третьей имеется статистическое описание динамики доли работ определенного направления в общей их совокупности в течение 35-летнего периода. Особенности динамики абсолютных чисел работ конкретных рубрик, а также их долей в общей совокупности продемонстрированы на соответствующих рисунках (Рис. 1, 2).

Число работ, в которых изучалось влияние неионизирующей радиации на нервную систему, хотя и измеряется тысячами, но

по сравнению с вышеописанными величинами, невелико - 5935 (Табл. 1). Эта величина представляет существенную часть в общей совокупности количества работ с использованием физических факторов - 27.47%, но является крайне низкой в общей совокупности нейрофизиологических работ - лишь 0.42%. Из таблицы 1 следует, что в количественном отношении лидируют работы, выполненные с применением поля ЭМП. Числа работ, касающихся действия СВЧ и МП на нервную систему, довольно близки. Число работ с использованием ЭП примерно в два-три раза

меньше, чем с применением иных факторов. Вычисление долей чисел работ, выполненных на нейрофизиологических объектах с применением указанных факторов, в общей совокупности исследований действия неионизирующей радиации подчеркивает описанные выше различия. Надо признать, что стандартные отклонения средних величин, приходящихся на 1 год, весьма велики, что свидетельствует о выраженной нестационарности библиомерической картины исследований рассматриваемых направлений в течение анализируемого 35-летнего периода.

Таблица 1. Суммарные сведения по числу работ, выполненных на нейрофизиологических объектах с применением разных неионизирующих излучений за 1966 - 2000 гг.

Физ. факторы	Общее число за 35 лет	Характеристики массивов				
		Доля в общей совокупности (%)	Среднее число за 1 год	Дисперсия	Сигма	Стандартное отклонение
ЭМП	2152	36.25	61.48	4346.90	65.93	11.14
СВЧ	1435	24.17	41.00	640.52	25.30	4.27
МП	1649	27.78	47.11	3321.16	57.62	9.74
ЭП	699	11.77	19.97	507.49	22.52	3.80
Сумма	5935	100	169.57	21965.08	148.20	25.05

Проведено несколько типов математического анализа соотношения полученного материала по разным физическим факторам, что представлено в таблице 2. Средние показатели, приходящиеся на год анализируемого периода, для чисел работ, выполненных с применением ЭМП, СВЧ, МП и ЭП, не обладали статистически значимыми различиями в связи, как будет показано ниже, с выраженной динамикой их чисел. Однако во многих случаях имела место статистическая достоверность различий вариационных рядов, имеющих отношение к этим физическим факторам. На выраженности последних результатов также сказывалась динамика, неидентичная в разных ситуациях. При этом была обнаружена очень высокая статистическая значимость различий долей работ, сделанных с применением ЭМП, СВЧ, МП и ЭП, которая

делает несомненными наличие количественных различий материалов, представленных в таблице 1. Особый интерес заслуживает факт, что в течение анализируемого 35-летнего периода преобладала достоверная положительная корреляционная взаимосвязь между числами нейрофизиологических работ, выполненных с использованием разных физических факторов (Табл. 2). Некоторые отклонения корреляционных взаимосвязей со стороны чисел работ по влиянию СВЧ с числами других работ определялись особенностями динамики работ по влиянию СВЧ (см. ниже).

Проанализирована динамика чисел нейрофизиологических работ, выполненных с использованием неионизирующих излучений, в течение 35-летнего периода. Рисунок 1 показывает наличие сложной динамики чисел этих работ при неуклонном росте последних.

Таблица 2. Соотношение количественных показателей работ, выполненных на нейрофизиологических объектах с применением разных неионизирующих излучений в течение 1966 - 2000 гг.

Физ. факторы	Сравнение средних величин (t)	Сравнение долей в общей совокупности (U)	Сопоставление массивов			
			Коэффициент корреляции	Число различающихся пар	Критерий знаков (число редких знаков разности)	Критерий Вилкоксона (U)
ЭМП-СВЧ	0.29	<u>14.33</u>	<u>0.62</u>	34	17	1.87
ЭМП-МП	0.16	<u>9.86</u>	<u>0.71</u>	34	<u>10</u>	<u>2.66</u>
ЭМП-ЭП	0.59	<u>32.19</u>	<u>0.69</u>	34	<u>3</u>	<u>4.27</u>
СВЧ-МП	0.10	<u>4.47</u>	0.28	34	12	0.23
СВЧ-ЭП	0.62	<u>17.87</u>	0.34	34	<u>1</u>	<u>4.51</u>
МП-ЭП	0.49	<u>22.33</u>	<u>0.94</u>	34	<u>5</u>	<u>4.39</u>

Примечания: достоверные различия долей в общей совокупности, достоверные значения коэффициента корреляции и достоверные различия массивов подчеркнуты ($p < 0.01$).

Обращает на себя внимание резкое увеличение числа работ с применением ЭМП, начиная преимущественно с 80-х годов. Число работ, выполненных с использованием СВЧ, лидировало в 70-е годы. Хотя в более поздние годы их число в принципе возрастало, этот процесс был не столь стремительным, как в случае с ЭМП, и даже просматривалась тенденция выхода на "плато". Динамика чисел работ с применением МП в боль-

шой степени была сходна с таковой при использовании ЭМП. Отличия заключались в том, что количественный пик работ с МП в последние годы был несколько ниже, чем с ЭМП. Кроме того, рост числа работ с МП начал развиваться раньше, чем у работ с ЭМП. Число работ с ЭП также увеличивалось, и в последние годы достигало показателей, близких для работ с СВЧ.

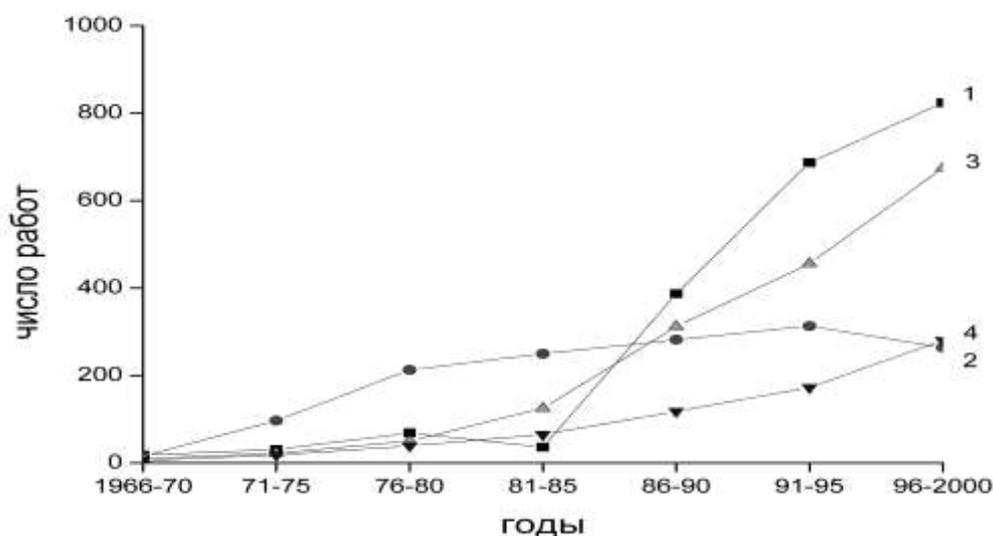


Рис. 1. Динамика чисел нейрофизиологических работ, выполненных с применением разных неионизирующих излучений в течение 1966-2000 гг. 1 - ЭМП, 2 - СВЧ, 3 - МП, 4 - ЭП.

Рассмотрение динамики долей работ с применением ЭМП, СВЧ, МП и ЭП в общей совокупности исследований с неионизирующей радиацией в течение рассматриваемого

временного периода выявило довольно любопытные моменты (Рис. 2). Обнаружено наличие резкой "противофазной" динамики у долей чисел работ с ЭМП и СВЧ. Доли работ с

МП и ЭП обладали постепенным увеличением, отмеченным в большей мере у работ с МП.

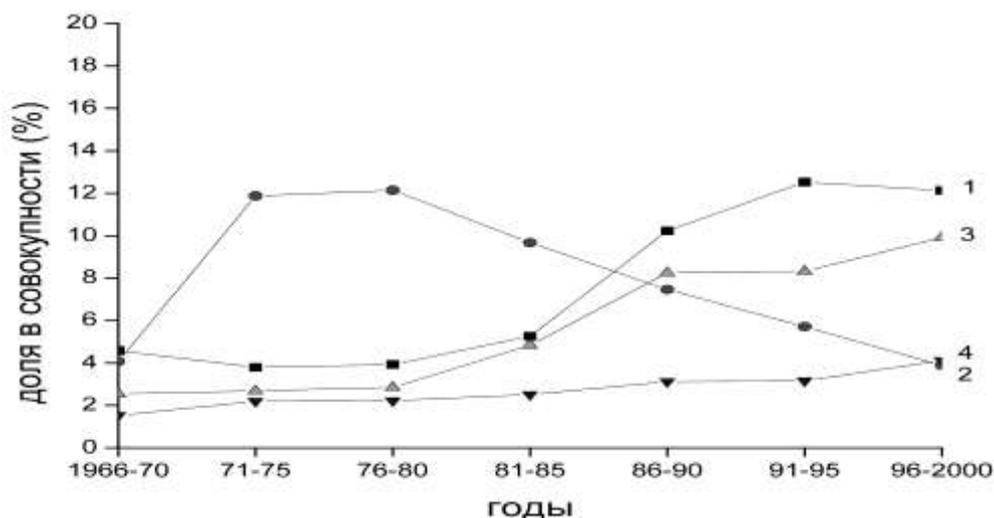


Рис. 2. Динамика долей нейрофизиологических работ, выполненных с применением разных неионизирующих излучений в течение 1966-2000 гг., в общей совокупности исследований с данными факторами. Обозначения как на рис. 1.

Статистическая достоверность описанной динамики долей работ с применением ЭМП, СВЧ, МП и ЭП в общей совокупности исследований была рассмотрена как сравнение величин долей для первых пяти лет с величинами долей для последующих "пятилетий" (таб. 3). Оказалось, что у долей работ с ЭМП достоверные различия имели место в последние три "пятилетия", что соответствовало резкому увеличению долей этих работ. У долей работ с СВЧ ситуация была совершенно

противоположной - наличие достоверных сдвигов в первые четыре "пятилетия" при отсутствии достоверных сдвигов в последние две "пятилетки". Результаты по достоверности у долей работ с МП были сходны с таковыми у долей работ с ЭМП. Что касается долей работ с ЭП, достоверность отмечалось только в последнем "пятилетии" в силу, хотя и неуклонной, но тем не менее весьма мягкой их динамики в сторону увеличения.

Таблица 3. Сравнение долей работ, выполненных на нейрофизиологических объектах с применением определенных неионизирующих излучений в разные временные пятилетние интервалы, в течение 1966 - 2000 гг.

Физ. факторы	Сравнение значений для первых пяти лет с данными для последующих пятилетних интервалов (величины <i>U</i>)					
	Вторые пять лет	Третьи пять лет	Четвертые пять лет	Пятые пять лет	Шестые пять лет	Седьмые пять лет
ЭМП	0.65	0.57	0.55	<u>4.11</u>	<u>5.57</u>	<u>5.40</u>
СВЧ	<u>4.85</u>	<u>5.48</u>	<u>4.19</u>	<u>2.77</u>	1.46	0.15
МП	0.15	0.32	2.25	<u>4.92</u>	<u>5.04</u>	<u>6.17</u>
ЭП	0.85	0.93	1.33	2.06	2.13	<u>3.15</u>
Сумма	<u>3.45</u>	<u>4.07</u>	<u>4.71</u>	<u>7.75</u>	<u>7.83</u>	<u>8.31</u>

Примечания: достоверные различия долей в общей совокупности подчеркнуты ($p < 0.01$).

Обсуждение

Полученная из "всемирной паутины" информация говорит о наличии целого моря

работ по изучению неионизирующих излучений и необозримого океана нейрофизиологических работ. Относительно небольшое (хотя

и измеряемое тысячами) место среди них занимают исследования по анализу нейрофизиологических эффектов действия неионизирующих излучений.

Библиометрический анализ работ, выполненных на нейрофизиологических объектах с применением неионизирующего облучения, был проведен на основе баз данных "Medline" и "Current Content System Search" практически с самого начала функционирования интернета - за 1966-2000 годы. Установлены сложные закономерности в общей картине количественных показателей этих работ, обусловленные определенными видами физических факторов (ЭМП, СВЧ, МП, ЭП) и рассматриваемыми временными интервалами.

Во-первых, в количественном плане статистически достоверно лидируют нейрофизиологические исследования, выполненные с применением ЭМП. Второе по численности место также достоверно занимают работы, проведенные с использованием МП. Третье место, как статистически доказано, принадлежит исследованиям с применением СВЧ. Наименьшие количественные показатели отмечаются у исследований с использованием ЭП.

Во-вторых, в течение рассматриваемого 35-летнего периода преобладает положительная корреляционная взаимосвязь между количественными показателями исследований нейрофизиологических эффектов действия разных физических факторов. Обнаружена статистически достоверная корреляционная взаимосвязь между числами работ, выполненных с применением ЭМП и СВЧ, ЭМП и МП, ЭМП и ЭП, МП и ЭП. Что касается корреляционной взаимосвязи между числами работ, выполненных с СВЧ и МП, СВЧ и ЭП, то она оказалась статистически недостоверной. Причина последнего факта заключается в особенностях динамики числа исследований с использованием СВЧ.

В-третьих, существует сложная динамика чисел нейрофизиологических работ по изучению действия неионизирующей радиации в течение рассматриваемого 35-летнего периода. Со стороны абсолютных величин количественных показателей публикаций во всех ситуациях было найдено в той или иной степени увеличение. Рост наблюдался преимущественно во второй части 35-летнего периода. Наиболее он был выражен у чисел работ с ЭМП и с МП, но также имел место у числа работ с ЭП. У числа работ с СВЧ конфигурация динамики была несколько отлична. Она была более пологой и захватывала начало 35-летнего периода.

Анализ долей нейрофизиологических работ, выполненных с применением разных физических факторов, в общей совокупности исследований по действию неионизирующих излучений показывает существенные отличия динамики количественных показателей работ с СВЧ от соответствующих данных по работам с другими факторами. Как оказалось, имело место выраженное доминирование доли работ с СВЧ в 70-е годы и последующее ее резкое падение.

В целом, проведенные библиометрические исследования обнаружили настоящий "информационный бум" в изучении нейрофизиологических эффектов действия неионизирующих излучений во вторую половину прошлого века. Просматривается взаимосвязь интереса исследователей к анализу биологического действия тех или иных видов неионизирующей радиации и технического оснащения общества. Причина преобладания работ с использованием поля СВЧ в начале анализируемого временного периода заключается в развитии радиолокационных систем разного назначения. Радио- и телевизионные передатчики, а также транспорт имеют отношение к ЭМП иных частот, которые сейчас вносят все увеличивающуюся лепту в электромагнитное загрязнение. Освоение космоса, где имеет место магнитный фон, отличающийся от зем-

ного, потенцирует изучение биологического действия МП. Кроме того, в настоящее время МП все шире используется с терапевтическими целями, рассматривается возможность применения магнитной (вместо электрической) стимуляции нервов и органов, а также разрабатываются методы транскраниальной стимуляции.

Годовой поток публикаций по действию неионизирующей радиации во второй половине XX века претерпел огромный рост. Увеличение числа работ в период 1996-2000 гг. относительно величин за 1966-1970 гг. произошло в 40.84 раз. Соответствующее увеличение числа работ по анализу нейрофизиологических эффектов неионизирующей радиации в эти же сроки несколько скромнее - в 9.62 раза.

В настоящее время в силу социального заказа (и, следовательно, финансирования) доминируют исследования в области прикладных аспектов электромагнитной биологии и электромагнитной нейрофизиологии. Фундаментальным нейрофизиологическим исследованиям влияния этих физических факторов уделяется чрезвычайно малое внимание. Тем не менее, именно нейрофизиологическим исследованиям предстоит занять одну из лидирующих позиций в разработке проблемы биологического действия неионизирующей радиации. Фундаментальные нейрофизиологические исследования могут не только расширить наши познания мира и деятельности мозга, но и создать реальный базис для претворения в жизнь прикладных разработок.

Решающее значение в развитии эффектов неионизирующей радиации на организм принадлежит прямому действию данного проникающего фактора непосредственно на структуры головного мозга [4-6]. Теоретико-фундаментальное изучение нейрофизиологи-

ческих аспектов действия неионизирующей радиации прежде всего связано с электрофизиологическими исследованиями, проводимыми на нейронном уровне. В первых работах было обнаружено, что СВЧ облучение мало отражается (хотя и достоверно) на средней частоте активности корковых нейронов [1, 7, 11], но вызывает значительные сдвиги со стороны вызванной активности [7, 11]. Затем было установлено, что СВЧ облучение модифицирует внутренний рисунок импульсных потоков нейронов [9, 13, 16, 17].

Изучение генеза реакции ткани мозга на действие неионизирующей радиации должно основываться прежде всего на анализе процессов, протекающих на нейронном уровне. Внутренняя структура импульсных потоков корковых нейронов чрезвычайно сложна [8, 15]. Установлено, что пачечный тип нейронной активности связан с кодированием информации и детекцией параметров сигнала [19]. Описаны предполагаемые схемы организации всплесков спайков в виде пачек внутри корковых популяций нейронов [18, 20, 21]. Нами уже показано, что изменения в деятельности нейронных популяций коры при воздействии физических факторов затрагивают преимущественно не усредненные показатели частоты, а фиксируются в рисунке импульсных потоков, в том числе и в особенностях пачечной активности. Такие перестройки структуры нейронных импульсных потоков, по-видимому, указывают на сдвиги в корковых интегративных процессах под влиянием СВЧ облучения [9, 13, 16, 17]. Эти явления могут быть решающими для нормального протекания информационных процессов и приводить к неожиданным отклонениям в когнитивных функциях мозга, что не вписывается в привычные представления патологии.

Литература: [1] Лукьянова С.Н., Рынсков В.В., Макаров В.П. Реакции нейронов сенсомоторной области коры головного мозга кролика на низкоинтенсивное импульсное СВЧ-излучение // Радиационная биология. Радиозэкология. - 1995. - Т.35. - № 1. - С. 53-56; [2] Меркулова Л.М., Холодов Ю.А. Реакции возбуди-

мых тканей организма на импульсные магнитные поля.- Чебоксары: Чувашский гос. университет, 1996.- 174 с.; [3] *Холодов Ю.А.* Реакции нервной системы на электромагнитные поля.- М.: Наука, 1975.- 207 с.; [4] *Чиженкова Р.А.* Биопотенциалы головного мозга кролика при воздействии электромагнитными полями // Физиол. журнал СССР. - 1967. - Т. 53. - № 5. - С. 514-519; [5] *Чиженкова Р.А.* Роль различных образований головного мозга в электроэнцефалографических реакциях кролика на постоянное магнитное поле и электромагнитные поля УВЧ и СВЧ // Журн. высш. нервн. деят. - 1967 - Т. 17. - № 2. - С. 313-321; [6] *Чиженкова Р.А.* Электрическая реакция коры больших полушарий головного мозга кролика на различные электромагнитные поля // Журн. высш. нервн. деят. - 1967 -Т. 17. - № 6. - С. 1083-1090; [7] *Чиженкова Р.А.* Фоновая и вызванная активность нейронов интактной коры кроликов после воздействия полем СВЧ // Журн. высш. нервн. деят. -1969. - Т. 19. - № 3. - С. 495-501; [8] *Чиженкова Р.А.* Структурно-функциональная организация сенсомоторной коры (морфологический, электрофизиологический и нейромедиаторный аспекты).- М.: Наука, 1986.- 241 с.; [9] *Чиженкова Р.А.* Импульсные потоки популяций нейронов коры больших полушарий при СВЧ облучении низкой интенсивности // Биофизика. - 2003. - Т. 48. - № 3. - С. 538-545; [10] *Чиженкова Р.А., Сафрошкина А.А., Слащева Н.А., Чернухин В.Ю.* Библиометрический анализ нейрофизиологических аспектов действия неионизирующей радиации // Успехи современ. биол. - 2004. - Т. 124. - № 5. - С. 472-479; [11] *Chizhenkova R.A.* Slow potentials and spike unit activity of the cerebral cortex of rabbits exposed to microwaves // Bioelectromagnetics. - 1988. - V. 9. - No. 4. - P. 337-345; [12] *Chizhenkova R.A.* Neuronal activity under microwave exposure // Electromagnetic fields: biological effects and hygienic standardization / Eds.: M.H. Repacholi, N.B. Rubtsova, and A.M. Muc. - Geneva: World Health Organization, 1999.- P. 389-395; [13] *Chizhenkova R.A.* Pulse activity of populations of cortical neurons under microwave exposures of different intensity // Bioelectrochemistry. - 2004. - V. 63. - No. 1/2. - P. 343-346; [14] *Chizhenkova R.A.* Bibliometrical review of neurophysiological investigation of action of non-ionized radiation in second half of the XXth century // Biophysic. - 2005. - V.50. - Supplement. - No.1. - С. 163-172; [15] *Chizhenkova R.A., Chernukhin V.Yu.* Nonlinear relations between some parameters of the pattern of pulse flows of cortical neurons // J. biological Physics.- 2000.- V. 26 - No. 1.- P. 65-73; [16] *Chizhenkova R.A., Safroshkina A.A.* Effect of low-intensity microwaves on the behavior of cortical neurons // Bioelectrochemistry and Bioenergetics. - 1993. - V. 30. - No.1. - P. 287-391; [17] *Chizhenkova R.A., Safroshkina A.A.* Electrical reactions of the brain to microwave irradiation // Electro- and Magnetobiology. - 1996. - V. 15. - No. 3. - P. 253-258; [18] *Grillner S., Markram H., De Schutter E., Silberberg G., LeBeau F.* Microcircuits in action - from CPGs to neocortex // Trends in Neurosciences. - 2005. - V. 28. - No. 10. - P. 525-533; [19] *Lisman J.E.* Bursts as a unit of neuronal information: making unreliable synapses reliable // Trends in Neurosciences.- 1997.- V. 20, No. 1. - P. 38-43; [20] *Silberberg G., Grillner S., LeBeau F., Maex R., Markram H.* Synaptic pathways in neuronal microcircuits // Trends in Neurosciences. - 2005. - V. 28. - No.10. - P. 541-549; [21] *Toledo-Rodriguez M., Manira A., Wallén P., Svirskis G., Hounsgaard J.* Cellular signaling properties in microcircuits // Trends in Neurosciences. - 2005. - V. 28. - No. 10. - P. 534-540.

Принято в печать 15.02.11

УДК 577.359

MATHEMATICAL ANALYSIS OF PUBLISHED WORKS ABOUT NEUROPHYSIOLOGICAL EFFECTS OF NON-IONIZED RADIATION

Rogneda Alexandrovna Chizhenkova

Institute of Cell Biophysics RAS; Russia, 142290, Moscow region, Pushchino, District "V", 22, Apt. 56
E-mail: chizhenkova@mail.ru

Bibliometrical data on neurophysiological investigations of action of non-ionized radiation are presented. The sources of information were the databases "Medline" and "Current Content System Search", accessible through Internet. Quantitative characteristics of works performed with application of electromagnetic, magnetic, and electrical fields during 35-year time interval (1966-2000) were considered. Dynamics of number of papers of these trends was analyzed and reasons of its special feature were brought. Conclusion about prospects of neurophysiological study of action of non-ionized radiation was done.

МАТЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ ПО НЕЙРОФИЗИОЛОГИЧЕСКИМ ЭФФЕКТАМ НЕИОНИЗИРУЮЩЕЙ РАДИАЦИИ

Рогнеда Александровна Чиженкова

Институт биофизики клетки РАН;
Россия, 142290, Московская область, г. Пущино, микрорайон "В", д. 22, кв. 56
E-mail: chizhenkova@mail.ru