ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ БИОЛОГИЯ

Френкель Г. Л. Некоторые итоги нашей работы с электрическим полем ультравысокой частоты . . . 115
Голышева К. П. Экспериментальные исследования по термоэффекту электрического поля ультравысокой частоты in vivo, сообщ. II . . . 133
Голышева К. П. Эспериментальные исследования по термоэффекту электрического поля ультравысокой частоты in vivo, сообщ. III . . . 141
Белов Г. Н. Стоячие волны митогенетического излучения в нервном стволе . . . 146

ХРОНИКА

EXPERIMENTAL BIOLOGY

Fraenkel G. A summary of our studies in the electric field of ultra-high frequency . . . 115
Golisheva K. Experimental studies of the thermal effect of the electrical ultra high frequency field. II . . . 133
Golisheva K. Experimental studies of the thermal effect of the electrical ultra-high frequency field. III . . . 141
Belov G. Stationary waves of mitogenetic radiation of the nervous trunk . . . 146

CHRONICLE

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ТЕРМОЭФФЕКТУ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ УЛЬТРАВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ IN VIVO

СООБЩЕНИЕ ВТОРОЕ. ЗАВИСИМОСТЬ ТЕРМОЭФФЕКТА ОТ СИЛЫ ПОЛЯ

К. П. Голышева

Из физико-биологического отдела (зав.—доц. Г. Л. Френкель) Ленинградского филиала ВИЭМ.

Изучение термоэффекта УВЧ in vivo имеет существенный интерес как для экспериментатора (механизм физиологического действия УВЧ), так и для практики (электропирексия и ее особенности). Поэтому не удивительно, что этому вопросу посвящено значительное число работ. К сожалению, только среди немногих из них термоэффект интересовал исследователей как таковой [сюда относится, например, работа Штрассбургера и Шлипхаке (Strassburger u. Schliephake)], в большинстве же случаев [работы Нассэ (Nasset), Виггерса (Wiggers) и Ориас (Orias), Бок, Карпентер (Boak, Carpenter) и др.] термоэффект регистрировался лишь как побочный симптом, механизм и особенности которого оставались на заднем плане.

Такое положение вещей побудило нас заняться систематическим изучением данного вопроса.

Первое сообщение в этом направлении было опубликовано нами в 1937 г.[1] В этом разделе работы мы решали вопрос, который был незаслуженно игнорирован нашими предшественниками и вносил много путаницы в материал, опубликованный по термоэффекту УВЧ in vivo, а именно вопрос о том, имеет ли значение для термоэффекта (как частного случая биоэффекта УВЧ) различный характер колебаний. В цитированной работе нам удалось показать, что по различному характеру колебаний даже при сохранении прочих условий опыта одинаковыми (частота, сила поля, продолжительность экспозиции и т. п.) эффект оказывается разным: наименьший подъем температуры вызывает воздействие затухающими колебаниями, наибольший подъем создается при воздействии колебаниями монохроматическими; среднее положение занимают колебания, модулированные технической частотой.

Таким образом, было показано значение качественной стороны нашего раздражителя.

Как это ни странно, в литературе не нашли отображения также и количественные зависимости в интересующей нас области, т. е. зависимость термоэффекта от силы поля.

Этот пробел, правда, находит свое объяснение в том, что силу внешнего поля (точнее разность потенциалов на обкладках конденсатора) научились верно измерять только в самое последнее время. Вместе с тем этот вопрос не может остаться безразличным и для клиницистов, которые еще и теперь базируют свои пиретические процедуры по часам, являясь в значительной мере рабами мощности своих генераторов.

---

[1] К. П. Голышева. Значение различного характера колебаний для термоэффекта УВЧ, в сборнике «Вопросы метрики и дозиметрии УВЧ», под ред. В. В. Татаринова и Г. Л. Френкеля, изд. ВИЭМ, 1937.

Разработанный в нашей лаборатории метод измерения напряжения на пластинах конденсатора Татаринова—Ушинской позволил нам вплотную подойти к изучению вопроса о зависимости термоэффекта УВЧ от силы поля.

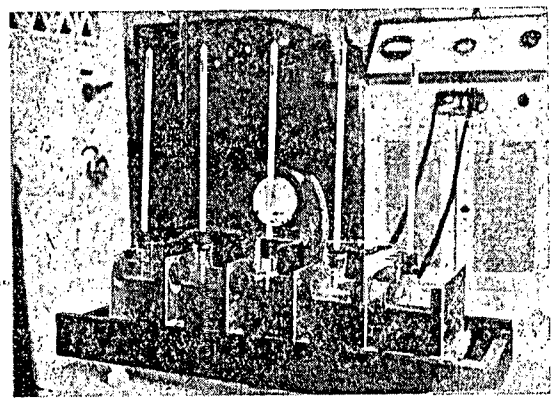

Рис. 1. Расщепленный фидер Белицкой для морских свинок, момент градуировки по методу Татаринова—Ушинской. Градуировочная кривая дана на рис. 2

Поскольку метод Татаринова—Ушинской еще не приобрел широкой известности вследствие его недавнего опубликования, мы считаем полезным вкратце описать его здесь.

Прибор состоит из двух частей: пластин конденсатора, в поле которого помещается объект, и теплового прибора, жестко укрепленного относительно пластин конденсатора и емкостно с ними связанного.

Для градиуровки прибора Татаринова—Ушинской используется тепловое действие электрического поля высокой частоты на полупроводник, в качестве которого берется слабый раствор электролита (NaCl). Определение теплового эффекта производится по наблюдению повышения температуры электролита от УВЧ с учетом остывания его после выключения генератора.

Для градуировки прибора между пластинами конденсатора помещаются два цилиндрических сосуда: с чистой водой и с раствором электролита. Сосуд предоставляет собой стеклянную трубку с патрубком для термометра.

Длина трубки соответствует расстоянию между пластинами конденсатора, между которыми она помещается. Для того чтобы жидкость не вытекала в зазоры между стеклом трубки и пластиной конденсатора, на оба конца трубки одеваются резиновые кольца, которые плотно прилегают к пластинам.

Емкостная связь амперметра с пластинами конденсатора осуществляется помощью небольших пластин, подключенных к амперметру.

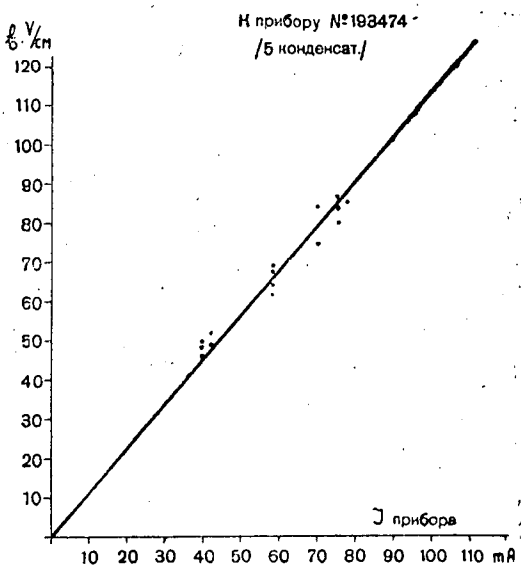

Рис. 2. Градуировочная кривая

По полученным данным, при нагревании в поле высокой частоты вычисляется тепловой эффект в воде и растворе, электропроводность последнего, и по этим данным рассчитывается напряжение на пластинах конденсатора или градиент поля. Подробное физико-математическое обоснование принципа измерения и градуировки прибора дано в статье О. Ф. Ушинской.

Следует отметить, что работ по УВЧ, проведенных с учетом значения напряжения на пластинах для эффекта, вообще насчитывается очень мало, причем все они относятся почему-то к опытам с летальным действием УВЧ.

Так, Шимановский (Szymanowski), исследуя на мышах зависимость летального времени от силы поля, пришел к выводу, что летальное время изменяется довольно точно обратно пропорционально квадрату напряже-

ния. Хедли (Headle), в противоположность Шимановскому работавший не на позвоночных, а на насекомых, не мог установить этой квадратичной зависимости: по Хедли, между летальностью УВЧ и силой поля существует прямая зависимость.

Шапиро, Хазен, Лившиц и Брудно в результате аналогичных Шимановскому экспериментов установили определенную пропорциональность между летальным временем и напряжением на пластинах конденсатора (подробно см. в оригинале).

Среди работ нашего отдела также имеется несколько сообщений о зависимости биоэффекта УВЧ от силы поля. Здесь нужно прежде всего назвать исследования Лялиной, показавшей зависимость гликемической реакции от силы поля, причем, по ее данным, эта зависимость пропорциональна не второй, а более высоким степеням.

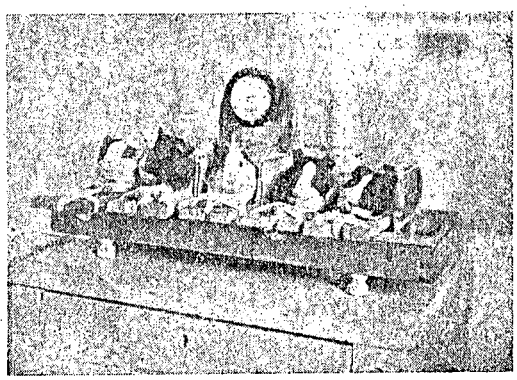

Рис. 3. Облучение свинок в пятигнездном фидере

Методика

Физическая часть. Работа проводилась на частоте 47 MHz, использовался генератор типа ВИЭМ-2 с питанием через выпрямитель с фильтрами (сглаживание остаточных пульсаций до 2,5). Облучение животных производилось в поле конденсатора, причем в целях уменьшения трудоемкости работы использовался расщепленный фидер Белицкой, изображенный на рис. 1[1]. Сравнивалось действие следующих напряжений на пластинах конденсатора: 310, 440 и 640V[1]. Размеры пластин 10×12 *см*, расстояние между ними 8 *см*, зазоры одинаковые с обеих сторон—1 *см*.

Физиологическая часть. Опыты поставлены на морских свинках. Всего обследовано 60 морских свинок (число опытов 1 200).

Облучение производилось трансверсально; свинка в поле фиксировалась спинкой кверху, причем голова выводилась за грани пластин (рис. 2).

Животные содержались в обычных условиях. Свинки взвешивались до опытов и после них. В опыт животные вступали всегда натощак. Измерения температуры производились до опыта в течение пяти дней, три раза в день (в 10, 13 и 16 час.). Кроме того, производились тренировочные привязывания свинок к той доске, на которой они затем подвергались облучению. При тренировке животное оставалось в фиксированном (тонкий однослойный марлевый бинт) положении в течение 30 мин. Измерения

Таблица 1

Действие привязывания свинок на их температуру

Группа	Количество животных	Изменение температуры в результате привязывания (среднее из пяти случаев) (°C)	Группа	Количество животных	Изменение температуры в результате привязывания (среднее из пяти случаев) (°C)
I	5	—0,9	IV	5	—0,9
II	5	—0,85	V	5	—0,81
III	5	—0,75	IV	5	—0,86

[1] Поскольку наши животные занимали почти все пространство между пластинами, то вернее в данном случае говорить не о градиенте поля, а об эффективном напряжении на пластинах.

температуры до и после привязывания показали, что никаких повышений такое привязывание само по себе не дает, а даже, наоборот, ведет к падению температуры животного (табл. 1). Это падение температуры под влиянием привязывания с вытянутыми лапами, при котором увеличивается теплоотдающая поверхность, отметил еще Ляндуа (Landois).

При облучениях температура измерялась у свинок до включения поля, сразу после его выключения и 1 час спустя. Длительность сеанса во всех случаях равна 30 мин.

I серия опытов

Разные напряжения на разных животных

Всего в этой серии поставлено 600 опытов на 30 свинках. Опыты распадались на «слепые» привязывания и облучения. I группа облучалась при напряжении 310 V, II—440 V и III—640 V. Результаты опытов приведены на рис. 3. Как видно из этого рисунка, «слепой опыт» (привязывание) в соответствии с приведенной выше табл. 1 ведет к понижению температуры. Значительно меньшее, но все же падение температуры создает и облучение при напряжении 310 V. Облучение при 440 V уже не дает падения температуры, а последняя несколько поднимается. И, наконец, облучение при 640 V вызывает значительный подскок температуры.

Аналогичная в общем картина получается также при рассмотрении рис. 4. Здесь только не выражена задержка падения температуры в результате облучения при 310 V.

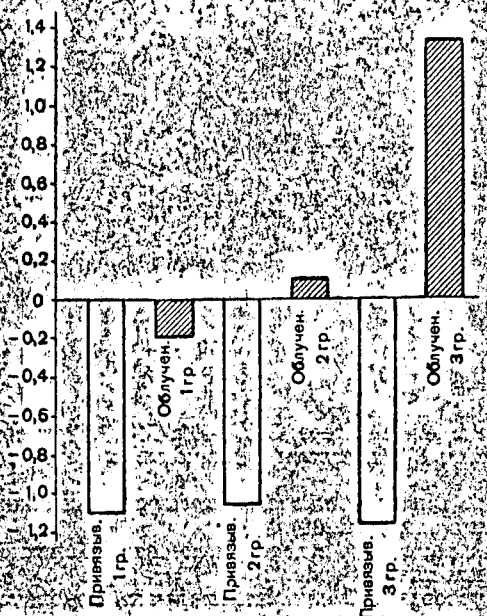

Рис. 4. Сравнительные результаты облучения разных групп животных при данном напряжении. Каждый столбик—среднее из 50 опытов

II серия опытов

Разные напряжения на тех же животных

Поскольку в нашем первом сообщении было установлено, что степень изменений температуры животного при облучении находится в известной корреляции с его исходной температурой (прирост тем больше, чем ниже последняя), то мы II серию наших опытов провели не на разных группах, а на одной и той же группе, облучая ее при всех трех вариантах напряжения. Всего поставлено 600 опытов на 30 животных. При этом во избежание искажения результатов за счет привыкания мы ставили наши опыты, разно чередуя вариант. И тут выяснилось, что этот момент, несомненно, имеет место. Для иллюстрации сказанного следует сравнить рис. 5, 6 и 7.

На рис. 5 показан результат в том случае, когда облучение начинается с сильного раздражения, т. е. когда первое облучение ведется при 640 V. Мы видим, что при этом имеет место очень резкий подскок температуры, а последующие облучения дают очень слабый эффект, настолько, что еще и при 440 V имеет место падение температуры (правда, менее выраженное, чем при 310 V). При этом, если 310 V даются как третье облучение, то падение температуры в результате такого воздействия превышает даже немного эффект простого привязывания.

Когда облучение начинается со средних (440) вольт, то подскок от 640 V

выражен уже значительно слабее, настолько, что результаты воздействия при 440 и 640 V почти не отличаются друг от друга (рис. 6).

И, наконец, когда облучение производится при постепенно повышающихся вольтах, так, что 640 V приходятся на третий сеанс, то эффект от сильного напряжения (640 V) становится даже меньшим, чем от среднего (440 V) (рис. 7).

Обсуждение результатов. Из приведенных материалов мы видим, таким образом, что термоэффект УВЧ in vivo, несомненно,

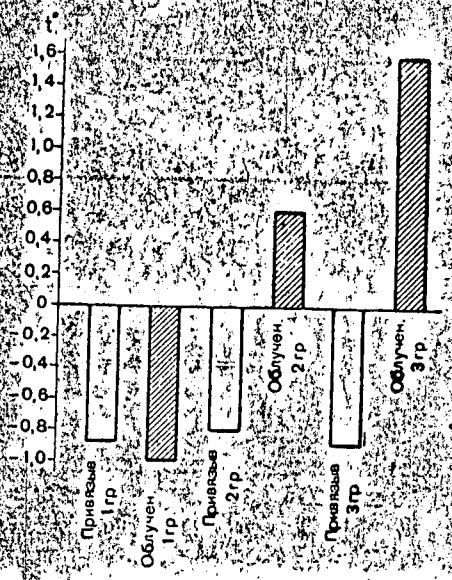

Рис. 5. Сравнительные результаты облучения разных групп животных при данном напряжении. Каждый столбик—среднее из 50 опытов

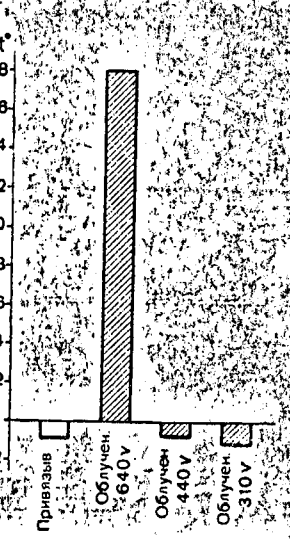

Рис. 6. Сравнительные результаты облучения одной и той же группы свинок при разном напряжении. Столбики даны в порядке последовательности варианта воздействия. Каждый столбик—среднее из 50 опытов

связан с силой внешнего поля. При этом зависимость получается не квадратичная, как это получалось у Шимановского,—правда, на другом показателе,—а термоэффект зависит от силы поля в степени 2,5—3,7[1].

Это и понятно: поглощение энергии, вообще говоря, пропорционально квадрату напряжения, но ведь это действительно только для мертвых систем; в живом же организме эта квадратичная зависимость искажается процессом терморегуляции. Известно, например, что УВЧ расширяют сосуды [Фломм (Pflomm), Кирчев, Чиньолини и Оливьери, Вейс (Weiss), Томберг (Tomberg) и др.; лишь один Глезер отрицает это], а с другой стороны, усиливают диссимиляторные процессы (Братковский, Сендерихин, Елисеева, Астанин и др.).

Обе возможности могут, естественно, интерферировать: поэтому «если условия опыта (величина электродов, зазоры, специальная локализация облучения) таковы, что, например, кожная гиперемия поступает раньше, чем, скажем, мобилизация гликогена из печени, то температура может не подняться, а в начале опыта даже упасть» (Френкель).

---

[1] Для подсчета характера зависимости между силой поля и термоэффектом мы поступили следующим образом: были взяты средние арифметические для каждой группы опытов, приведенных на рис. 3 и 4. При этом степень эффекта определялась алгебраической суммой между результатами контрольного привязывания соответствующей группы и ее облучением. Соответствующие расчеты приведены на табл. 2 и 3 и не требуют дополнительных объяснений.

Таблица 2

I группа (310 V)		II группа (440 V)		III группа (640 V)	
Привязывание	Облучение	Привязывание	Облучение	Привязывание	Облучение
−1,0	−0,6	−1,0	+0,4	−1,0	+1,5
+0,4		+1,4		+2,5	

Таблица 3

$\frac{E}{\nu}$	t	$\frac{E_n}{E_1}$	$\frac{t_n}{t_1}$	
310	0,4	1	1	
440	1,4	1,4	3,5	2,06 $n = 6,25$; $n = 2,56$
640	2,5	2,06	6,25	1,4 $n = 35$; $n = 2,56$

Чрезвычайно интересно следующее обстоятельство: более высокий показатель (3,7) получается при переходе с 310 на 440 V, т. е. при переходе от

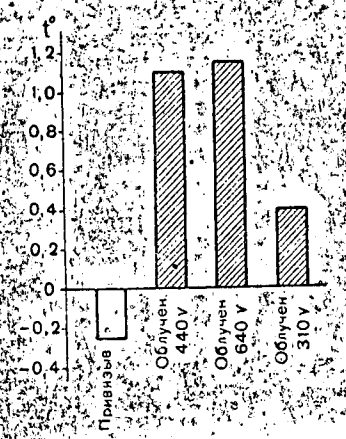

Рис. 7. Сравнительные результаты облучения одной и той же группы свинок при разном напряжении. Столбики даны в порядке последовательности варианта воздействия. Каждый столбик—среднее из 50 опытов

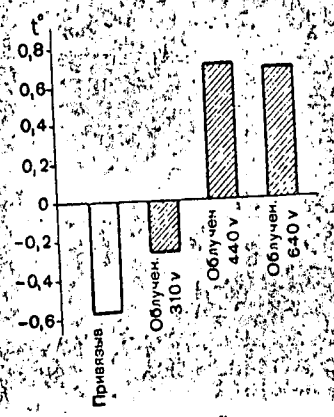

Рис. 8. Сравнительные результаты облучения одной и той же группы свинок при разном напряжении. Столбики даны в порядке последовательности варианта воздействия. Каждый столбик—среднее из 50 опытов

более слабых воздействий к воздействиям средней силы. При переходе же от воздействий средней силы (440 V) к более сильным воздействиям (640 V) коэфициент не превышает 2,5. Эта зависимость становится понятной, если принять во внимание работы Астанина, Братковского, Елисеевой и др., вышедшие в свое время из нашей лаборатории и посвященные вопросу о действии УВЧ на процессы катаболизма. В этих работах было показано, что катаболитические процессы усиливаются в результате применения более слабых воздействий и тормозятся при воздействиях более сильных. Если учесть далее, что эти процессы имеют экзотермический характер, то

и установленные в этой работе зависимости становятся понятными: при более слабых воздействиях катаболизм усиливается более резко (показатель 3,7), а при более сильных экзотермические процессы начинают тормозиться и показатель падает (2,5).

При повторных облучениях одного и того же объекта, несомненно, имеет место элемент привыкания, настолько выраженный, что сильное поле, примененное вслед за полем более слабым, может вызвать даже относительно меньший термоэффект[1]. Последнее обстоятельство, как нам кажется, может дать известные указания клиницистам, занимающимся электропирексией, в том отношении, что при многократных сеансах следует постепенно увеличивать интенсивность воздействия.

Заключение

1. Степень повышения температуры у морских свинок, помещаемых в поле УВЧ, зависит от силы последнего.

2. Зависимость между приростом температуры и напряжением не является квадратичной. Термоэффект зависит от силы поля в степени 2,5—3,7, причем более высокий показатель характерен для более слабых, а более низкий для более сильных воздействий.

3. При воздействиях на один и тот же объект полями разной силы наблюдается привыкание, так что более сильное поле впоследствии дает более слабые эффекты.

ЛИТЕРАТУРА

Астанин П. П., В сборнике «Биодействие УВЧ», изд. ВИЭМ, 1937.
Белицкая Ф. С., Печатается в журнале «Физиотерапия», 1937.
Братковский Р. Е., В сборнике «Биодействие УВЧ», под редакцией П. С. Купалова и Г. Л. Френкеля, изд. ВИЭМ, 1937.
Глезер Д. Я., Доклад на 1-й Всесоюзной конференции по УВЧ. Печатается в трудах конференции.
Голышева К. П., В сборнике «Вопросы метрики и дозиметрии УВЧ», под ред. В. В. Татаринова и Г. Л. Френкеля, изд. ВИЭМ, 1937.
Елисеева М. И., В сборнике «Биодействие УВЧ», под ред. П. С. Купалова и Г. Л. Френкеля, изд. ВИЭМ, 1937.
Кирчев К. К., цит. по Г. Л. Френкелю (программный доклад на IV Украинском съезде терапевтов, 1936).
Лялина О. В., В сборнике «Вопросы метрики и дозиметрии УВЧ», под редакцией В. В. Татаринова и Г. Л. Френкеля, изд. ВИЭМ, 1937.
Сендерихин С. П., там же.
Ушинская О. Ф., там же.
Френкель Г. Л., там же.
Френкель Г. Л., Программный доклад на IV Украинском съезде терапевтов, Киев 27/XII 1936.
Шапиро П. М., Хазен И. М., Лившиц М. П. и Брудно Л. И., Курортология и физиотерапия, 3, 20, 1936.
Boak R., Carpenter C. a. Warrens S., Journ. Exp. Med., 56, 725, 1930.
Cignolinie Olivieri, Radiobiol. generalis, 4, 15, 1935. Реф. Kongresszbl., 84, 288, 1936.
During u. Lode A., Arch. f. Hyg., 39, 1901.
Goldscheider, Münch. med. Wschr., S. 2557, 1906.
Haadlee T., Journ. of Econ. Entom., 26, N 2, 1933.
Headle T. u. Burdette R., Journ. N. Y., Ent. Soc., 37, 59, 1929.
Janowcki M., Arch. f. Hyg., 51, 1904.
Landois L., Lehrbuch der Physiologie des Menschen. 11 Aufl. Berlin u. Wien, Urban Schwarzenberg, 1905.
McGreicht, I. a. G. McKinley, Proc. Soc., Exp. Biol. Med., 27, 841, 1930.
Pelomm E., Arch. f. Klin. Chir., 166, 25, 1931.

[1] В связи с этим следует отметить, что и при других термических воздействиях на процесс терморегуляции рядом авторов [Дюриг и Лодэ (Durig u. Lode), Игнатовский (Ignatowsky), Гольдшейдер (Goldscheider)] отмечен феномен привыкания.

Szymanowski W., Bull. de l. Acad. Pol. des Sci. et des Lettres. Classe des Sci. Math. et Nat. Sér. B. Sci. Nat. (11), 257, 1933.
Weiss H., Pirk J. und Tomberg V., Klin. Wschr., S. 750, 1937.
Wigger's G. a. Orias O., Amer. Journ. Physiol., 100, 614, 1933.

EXPERIMENTAL STUDY ON THE THERMAL EFFECT OF THE ELECTRICAL ULTRA-HIGH FREQUENCY FIELD. II

K. Golischeva

From the Physico-Biological Department (Chief—G. L. Frenckell), of the Leningrad Barnch of the A. M. Gorky All-Union Institute of Experimental Medicine

Summary

1. The increase in temperature induced in guinea-pigs by the electrical ultra-high frequency field depends upon the strength of the latter.

2. The correlation between the temperature increment and the strength of the field does not involve the square power. The exponent of this function is 2.5—3.7, the greater exponent characterizing weaker fields, and the smaller exponent—stronger fields.

3. Exposure of the same object to fields of various strength is followed by habituation, that is to say, the stronger field yields subsequently a less pronounced effect.

АРХИ
БИОЛОГИЧЕС

ЭКСПЕРИМЕ
ЭЛЕКТРИЧЕ

СООБЩЕНИ

Из физико-биол

Известно, ч
а диапазон от
крайних точк
как же зависи
этого диапазо
Нужно ска
не ощущается,
этого вопроса
стики степени
четов Петцоль
ринову как р
Нас в осн
а результаты
являемся свид
того, чтобы из
эксперимента
Естестве
быть на
тора. Вот э
необходимых
точно показы
некогда лучши
на УВЧ—ш л
ибо тепловые
шают свои пок
способ градуи
разработала и
ратории полу
учения зависи
Видимо, им
ратуре биолог
физической: п
с частотой, по
оборот, возрас

По данным Х
логического эфф
тера, этот максим
связан с длиной
тературе Хаазом
приумножить чи
мы уже указали