

## *Из истории естествознания*

*From the History of Science*

DOI: 10.31857/S020596060007322-6

### **С. И. КОСТИН И СТАНОВЛЕНИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ БИОЛОГИЧЕСКИХ ЭФФЕКТОВ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ В РОССИЙСКОЙ ИМПЕРИИ**

*АЛЕКСЕЕВА Виктория Александровна* – Автономная некоммерческая организация «Национальный научно-исследовательский центр безопасности новых технологий»; Россия, 109028, Москва, ул. Яузская, д. 1/15, стр. 1; E-mail: 73912@mail.ru

© В. А. Алексеева

25 мая 1898 г. С. И. Костин защитил в Императорском Харьковском университете докторскую диссертацию «К учению о физиологическом действии электрического поля на двигательный нерв», которая ознаменовала начало исследований в Российской империи биологических эффектов переменного электрического (электромагнитного) поля. Статья посвящена анализу этой работы и ее значения для развития нового научного направления. Среди прочего отмечается, что в основе диссертации лежала гипотеза о сходстве физиологического действия электричества и электрического (электромагнитного) поля, которая была подтверждена работами других ученых и сыграла важную роль в развитии исследований биологических эффектов переменного электромагнитного поля.

*Ключевые слова:* С. И. Костин, В. Я. Данилевский, электрическое поле, нерв, раздражитель, биологический эффект, диссертация, экспериментальное исследование, приоритет.

Статья поступила в редакцию 9 октября 2018 г.

### **S. I. KOSTIN AND THE EMERGENCE OF STUDIES INTO THE BIOLOGICAL EFFECTS OF ELECTROMAGNETIC FIELD IN THE RUSSIAN EMPIRE**

*ALEKSEYEVA Viktoria Aleksandrovna* – Autonomous Nonprofit Organization “National Research Center for New Technologies Safety”; Yauzskaya ul., 1/15, str. 1, Moscow, 109028, Russia; E-mail: 73912@mail.ru

© V. A. Alekseyeva

*Abstract:* On the 25<sup>th</sup> of May 1898, S. I. Kostin defended his doctoral dissertation, “Towards the theory of physiological action of electric field on motor nerve”, at the Kharkov University, which marked the beginning of studies into the biological effects of alternating electric (electromagnetic) field in the Russian Empire. This paper is devoted to the analysis of Kostin’s dissertation and its role in the development of a new research area. It is noted, inter alia, that this dissertation was based on the hypothesis of similarity of the physiological effects of electricity and electric (electromagnetic) field that was confirmed by the works of other scientists, and had an important role in the development of studies into the biological effects of alternating electromagnetic field.

*Keywords:* S. I. Kostin, V. Ya. Danilevsky, electric field, nerve, irritant, biological effect, dissertation, experimental study, priority.

*For citation:* Alekseyeva, V. A. (2019) S. I. Kostin i stanovlenie issledovaniy biologicheskikh effektov peremennogo elektricheskogo polia v Rossiiskoi imperii [S. I. Kostin and the Emergence of Studies into the Biological Effects of Alternating Electric Field in the Russian Empire], *Voprosy istorii estestvoznaniia i tekhniki*, vol. 40, no. 4, pp. 670–683, DOI: 10.31857/S020596060007322-6

Исследование биологических эффектов электромагнитного поля в настоящее время вызывает большой интерес, что связано с масштабным распространением антропогенных электромагнитных источников. Следствием его является внимание, которое уделяется истории становления и развития этого научного направления в ряде советских (российских) и зарубежных работ <sup>1</sup>. К сожалению, вклад российских

<sup>1</sup> Гордон З. В. Вопросы гигиены труда и биологического действия электромагнитных полей сверхвысоких частот. Л.: Медицина, 1966; Пресман А. С. Электромагнитные поля и живая природа. М.: Наука, 1968; Холодов Ю. А. Влияние электромагнитных и магнитных полей на центральную нервную систему. М.: Наука, 1966; Чиженкова Р. А. Динамика нейрофизиологических исследований действия неионизирующей радиации во второй половине XX-го века. М.: Издательский дом Академии естествознания, 2012; Григорьев Ю. Г., Григорьев О. А. Сотовая связь и здоровье: электромагнитная обстановка, радиобиологические и гигиенические проблемы, прогноз опасности. 2-е изд. М.: Экономика, 2016; Мезерницкий П. Г. Физиотерапия: руководство для практических врачей. Пг.: Практическая медицина, 1916. Т. 1–3; Пономаренко Г. Н. Академические страницы истории физиотерапии и курортологии. СПб.: ВМедА, 1998; Боголюбов В. М., Пономаренко Г. Н. Общая физиотерапия. СПб.: Правда, 1998; Улащик В. С. Физиотерапия. Универсальная медицинская энциклопедия. Минск: Книжный дом, 2008; Sisskind, C. The “Story” of Nonionizing Radiation Research // Bulletin of the New York Academy of Medicine. 1979. Vol. 55. No. 11. P. 1152–1163; Cook, H. J., Steneck, N. H., Vander, A. J., Kane, G. L. Early Research on the Biological Effects of Microwave Radiation: 1940–1960 // Annals of Science. 1980. Vol. 37. No. 3. P. 323–351; Guy, A. W. History of Biological Effects and Medical Applications of Microwave Energy // IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques. 1984. Vol. 32. Iss. 9. P. 1182–1200; The Bioelectromagnetics Society. History of the First 25 Years. 2003 (см.: <http://www.bioelectromagnetics.org/doc/bems-history.pdf>); Osepchuk, J. M., Petersen, R. C. Historical Review of RF Exposure Standards and the International Committee on Electromagnetic Safety (ICES) // Bioelectromagnetics. 2003. Vol. 24. Supplement 6. P. 7–16.

исследователей биоэффектов электромагнитного поля в этих работах практически не рассматривается. Между тем первая в Российской империи диссертационная работа по этой теме «К учению о физиологическом действии электрического поля на двигательный нерв», выполненная в физиологической лаборатории Императорского Харьковского университета под руководством В. Я. Данилевского, была защищена Сергеем Ивановичем Костиным еще 25 мая 1898 г.<sup>2</sup> Таким образом, можно констатировать, что изучение биологических эффектов электромагнитного поля имеет в Российской империи – СССР – Российской Федерации уже более чем вековую историю, а диссертация Костина заслуживает пристального рассмотрения как первая или одна из первых работ в этой области.

Костин родился в 1869 г., а в 1889 г. поступил на медицинский факультет Императорского Харьковского университета. За время учебы он проявил склонность к научной деятельности: на третьем курсе (1892) получил золотую медаль за работу «Исследование зависимости состава крови от мускульной деятельности и от механизма условий кровообращения». В 1894 г. Костин окончил университет со званием лекаря с отличием и с золотой медалью, а в апреле 1895 г. был утвержден в должности помощника прозектора по кафедре физиологии и стал ассистентом Данилевского<sup>3</sup>, который с 1879 г. исследовал биологическое действие электричества и «электричества на расстоянии»<sup>4</sup>. 25 мая 1898 г., как уже говорилось, Костин защитил первую в Российской империи диссертацию, посвященную исследованию биологических эффектов электромагнитного поля (рис. 1).

Работа имеет вполне традиционную структуру и включает в себя обзор литературы, описание экспериментальных методов, характеристику условий воздействия физическими факторами, результаты экспериментов и их анализ. Объем диссертации составляет 76 страниц (в печатном формате). Литературный обзор фактически представляет самостоятельную научно-аналитическую работу, поэтому он был опубликован отдельным изданием в 1898 г. в Санкт-Петербурге<sup>5</sup>.

Гипотеза, сформулированная диссертантом, важна для понимания научных основ ранних исследований биоэффектов электромагнетизма, поскольку проливает свет на причину перехода от исследований контактного электричества к исследованиям электричества на расстоянии, т. е.,

---

<sup>2</sup> Костин С. И. К учению о физиологическом действии электрического поля на двигательный нерв. Диссертация на степень доктора медицины. Харьков: Тип. «Печатное дело», 1898.

<sup>3</sup> Медицинский факультет Харьковского университета за первые 100 лет его существования (1805–1905) / Ред. И. П. Скворцов, Д. И. Багаляй. Харьков: Тип. «Печатное дело», 1905–1906.

<sup>4</sup> Данилевский В. Я. О суммировании электрических раздражений блуждающих нервов. Читано в заседании Физико-математического отделения 11 сентября 1879 г. // Записки Императорской академии наук. 1879. Т. 35. Кн. 2. С. 69–77.

<sup>5</sup> Костин С. И. О физиологическом действии электричества на расстоянии. СПб.: К. Л. Риккер, 1898.

используя терминологию XIX в., к исследованиям электрического поля, а в современном понимании – электромагнитного поля. Костин в своей работе связал понятия «электричество», «электричество на расстоянии», «переменное электрическое поле» и «физиологическое действие электричества». Как известно, в конце XIX в. под электрическим полем понималась область, в которой можно обнаружить действие электричества на расстоянии<sup>6</sup>. При этом многочисленные исследования, проведенные в лабораториях А. Я. и В. Я. Данилевских, Н. Е. Введенского, И. П. Сеченова, Б. Вериги и др., позволяли рассматривать электричество, с точки зрения его физиологического действия, как раздражитель нерва или нервной системы<sup>7</sup>. На основе этих двух положений диссертант и его научный руководитель сформулировали гипотезу о том, что физиологическое действие электрического поля должно быть сходно с действием электричества, т. е. электрическое поле, по-видимому, является раздражителем нервной системы<sup>8</sup>; данная гипотеза доказывается как в диссертации Костина, так и в трудах В. Я. Данилевского.

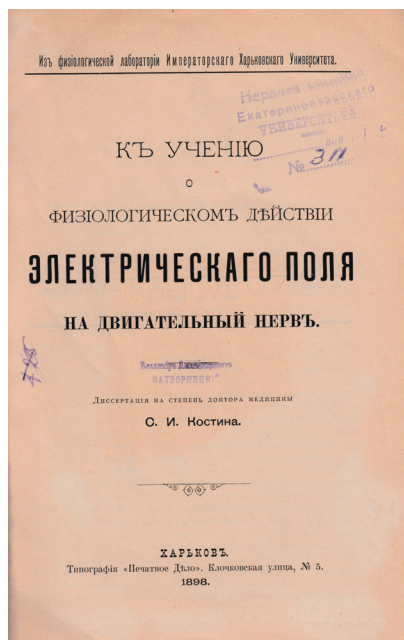


Рис. 1. Титульный лист диссертации С. И. Костина

<sup>6</sup> *Боргман И. И.* О распространении электрического тока через воздух. Сообщено на заседании физического отделения Физико-химического общества при Императорском С.-Петербургском университете. СПб.: Тип. В. Демакова, 1887; *Столетов А. Г.* Эфир и электричество. Речь, произнесенная на общем собрании VIII Съезда естествоиспытателей и врачей 3 января 1890 г. М.: Издание Сабашниковых, 1902. С. 106–132.

<sup>7</sup> *Данилевский.* О суммировании электрических раздражений...; *Данилевский В. Я.* Исследование над электрическим раздражением нервов // Физиологический сборник: статьи и работы по биологии и экспериментальной медицине из лаборатории и под редакцией Александра Данилевского, проф. и Василия Данилевского, проф. в Императорском Харьковском университете. Харьков: К. Риккер, 1888, Т. 1. С. 119–267; *Данилевский А. Я.* Исследования над спинным и головным мозгом лягушки и частью высших животных. М.: Изд-во ЛКИ, 2010; *Введенский Н. Е.* Телефонические исследования над электрическими явлениями в мышечных и нервных аппаратах. СПб.: Тип. В. Демакова, 1884; *Сеченов И. М.* О животном электричестве. СПб.: Тип. Якова Трея, 1862; *Верига Б. Ф.* К вопросу о действии на нерв гальванического тока прерывистого и непрерывного (попытка объяснения физиологических явления электричества). Диссертация на степень доктора медицины. СПб.: Тип. Стасюлевича, 1888.

<sup>8</sup> *Костин.* О физиологическом действии электричества... С. 66.

Задачи, поставленные автору диссертации Данилевским, были следующими:

— исследовать внешние условия действия электрического поля на нервно-мышечный препарат лягушки (под внешними условиями подразумевались в первую очередь различные конфигурации излучателя и их расположение относительно объекта воздействия);

— сравнить по физиологическому эффекту раздражение нерва в электрическом поле с таковым от контактного действия электрического тока — «непосредственного приложения электродов индукториума»;

— применить графический метод к изучению физиологического действия электрического поля.

Установка Костина (рис. 2) состояла из элементов, которые стали стандартными для всех последующих исследователей-экспериментаторов в области биоэффектов электромагнитного поля:

— источник поля, включающий батарею аккумуляторов  $A$ ; электрод-возбудитель  $El$ ; индукционный аппарат Румкорфа  $RmK$ , включающий индукционную катушку, снабженную железным сердечником и конденсатором Физо; ртутный ключ для одиночных перерывов тока в цепи первичной спирали  $HK$ ;

— объект воздействия — нервно-мышечный препарат лягушки  $PNM$ , включающий икроножную мышцу  $M$ , седалищный нерв  $N$  и фрагмент поясничной части позвоночника  $P$ ;

— комплекс аппаратуры для безартефактной записи физиологических показателей, у Костина состоявший из специально разработанного миографа и кимографа  $B$ .

В диссертации подробно описаны 33 опыта, при этом диссертант указывает, что всего были проведены более 500 экспериментов.

Непосредственно в диссертации Костина не приведены частоты электрического (электромагнитного) поля, и это заметная ошибка с позиции современного критического анализа научного труда в области радиобиологии, биоэлектрофизики или гигиены электромагнитного поля. Мы определили рабочие частоты электромагнитного поля исследований Костина по трудам Данилевского, который впоследствии включил часть материалов своего ученика в свою монографию<sup>9</sup>. Из нее следует, что Данилевский и Костин работали на частотах от 200 Гц до 3 кГц, что по современной международной классификации электромагнитных полей соответствует диапазону сверхнизких и инфранизких частот<sup>10</sup>. Очевидно, что в этом случае

<sup>9</sup> Данилевский В. Я. Исследования над физиологическим действием электричества на расстоянии. I. Электрокинетическое раздражение нервов. Харьков: Паровая типография и литография Зильберберг, 1900; Данилевский В. Я. Исследования над физиологическим действием электричества на расстоянии. II. Дальнейшие опыты по нейро-электрокинезу. Харьков: Паровая типо-литография М. Зильберберг и С-вья, 1901.

<sup>10</sup> Григорьев Ю. Г., Григорьев О. А., Степанов В. С., Меркулов А. В. Электромагнитная безопасность человека: справочно-информационное издание. М.: Российский национальный комитет по защите от неионизирующего излучения, 1999.

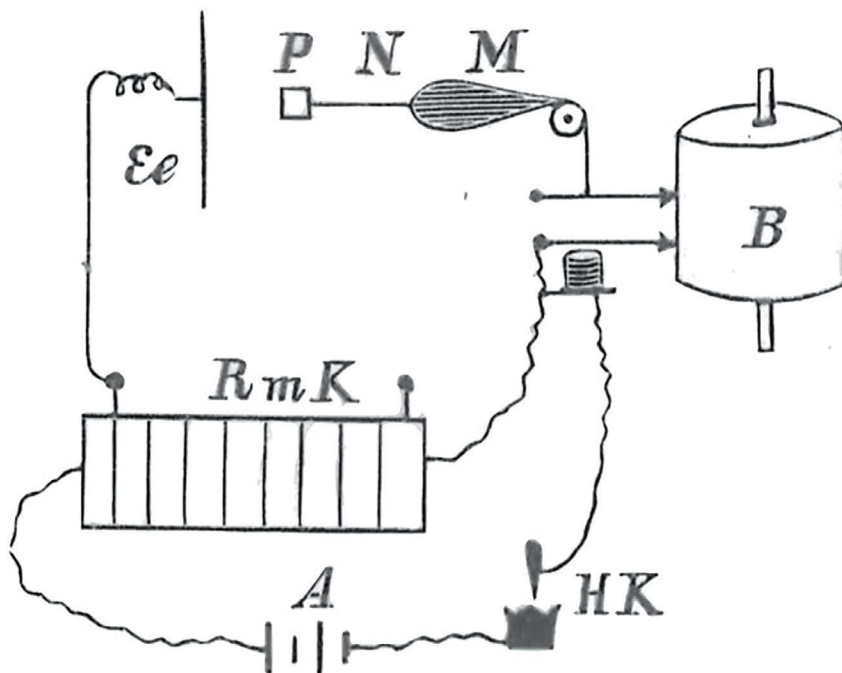


Рис. 2. Принципиальная схема экспериментальной установки С. И. Костина (Костин. К учению о физиологическом действии... С. 21.)

они работали в ближней, или индуктивной, зоне источника электромагнитного поля и, как следует из дальнейшего анализа экспериментальной установки, прекрасно это понимали, поскольку значительные усилия были потрачены на предотвращение возникновения в физиологической аппаратуре и креплении объекта облучения наведенных токов.

В экспериментах Костина были использованы различные способы воздействия на препарат: действие электричества на расстоянии при разомкнутой вторичной цепи аппарата Румкорфа, униполярное раздражение и биполярное раздражение, опыты с замкнутой вторичной цепью аппарата Румкорфа, опыты с соленоидом (рис. 3). Так решалась задача диссертанта определить зависимость реакции от условий облучения.

В качестве объекта исследования, как уже говорилось, использовался нервно-мышечный препарат лягушки. Применялись два варианта препарата: из целой голени со стопой и бедренной косточкой либо из икроножной мышцы с коленным суставом и фрагментом бедренной кости. Седлищный нерв сохранялся с куском поясничной части позвоночника с целью «лучшего сохранения возбудимости препарата» и повышения чувствительности по отношению к электрическому полю.

Основываясь на опыте ближайших коллег (в первую очередь И. А. Веселовского и Д. Б. Комарова) и некотором собственном опыте, автор

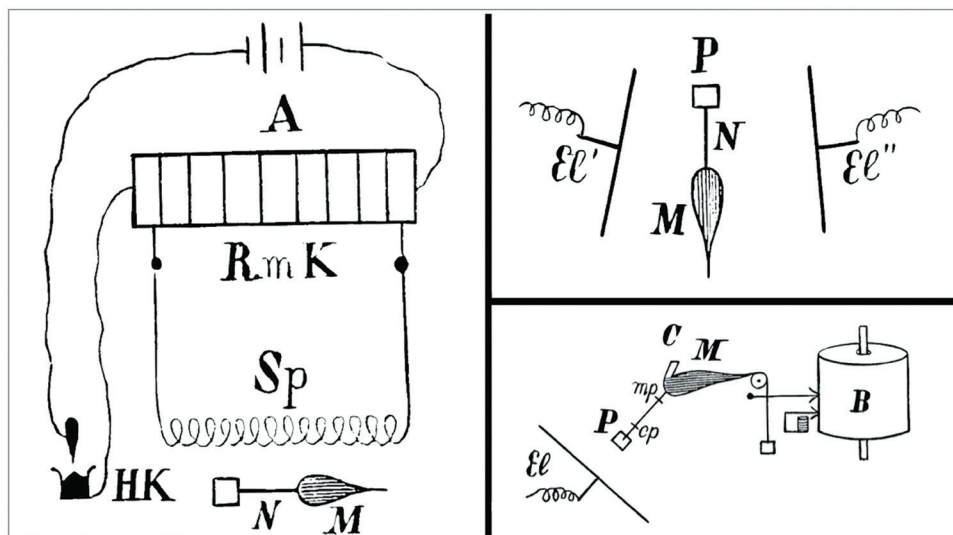


Рис. 3. Способы воздействия в различных сериях экспериментов (слева — эксперимент с замкнутой вторичной цепью аппарата Румкорфа, справа — биполярное (вверху) и униполярное (внизу) раздражение нервно-мышечного препарата лягушки электричеством на расстоянии (Костин. К учению о физиологическом действии... С. 25, 43, 55.)

статьи может сказать, что каждый исследователь, кто хотя бы раз пробовал приготовить такой, казалось бы, незатейливый препарат для изучения реакции на электромагнитное поле в современных условиях, понимает, насколько это трудоемкая и кропотливая работа, требующая как теоретической подготовки, так и умелых рук. Костин фактически прошел школу братьев Данилевских: Василий Яковлевич виртуозно освоил работу с препаратами спинного и головного мозга лягушки под руководством старшего брата Александра Яковлевича в период работы в Императорском Казанском университете, который, по-видимому, также и сформировал интерес брата к этой модели для исследования электрического тока как раздражителя нервной системы <sup>11</sup>.

Большое внимание в работе уделено методическим вопросам, имеющим значение для определения механизма формирования реакции и установления однозначной связи между фактором и ответом на его действие. Для этого в первую очередь было необходимо устранить возможное наведение токов на физиологической аппаратуре и креплении препарата. Костин специально подчеркивает, что нервно-мышечный препарат всегда был совершенно изолирован от электродов-возбудителей <sup>12</sup>. Он находился лишь в электрическом поле, на большем или меньшем расстоянии от «электрода возбудителя» или спирали,

<sup>11</sup> Данилевский. Исследования над спинным и головным мозгом лягушки...

<sup>12</sup> Костин. К учению о физиологическом действии... С. 22.

замыкающей вторичную цепь. Лапка лягушки во время опыта всегда размещалась на парафиновой пластинке, отдельный нерв икроножной мышцы с нервом фиксировался на специально разработанном эбонитовом миографе. Для исключения возникновения наведенных токов непосредственно в элементах физиологической аппаратуры в устройстве использовались электрически нейтральные материалы, в том числе природного происхождения, довольно экзотические для сегодняшнего дня. Сергей Иванович дал подробное описание конструкции миографа для работы в переменном электрическом поле:

...миограф был устроен специально для графики в электрическом поле. Он состоял из эбонитовой прямоугольной пластинки (размерами 27 × 13 см, толщиной 4 мм); на ней был укреплен вертикально толстый эбонитовый штифт с зажимом для косточки нервно-мышечного препарата; зажим может передвигаться на штифте и вокруг собственной оси в различных направлениях, а в желаемом положении фиксируется эбонитовым винтом. На краю узкой стороны доски миографа (эбонитовой пластинки) укреплен вращающийся эбонитовый блок, диаметр около 1 см, через блок перекидывается сверху вниз шелковинка, соединяющая сухожилие мускула, укрепленного горизонтально под доской аппарата, где рычажок фиксируется на таком же эбонитовом штифте, как и зажим для мускула. Только небольшая обоймица пишущего рычага металлическая, сам же рычажок камышовый с пишущим наконечником из китового уса...<sup>13</sup>

В соответствии с задачей, поставленной научным руководителем, Костин применил количественный метод оценки физиологического действия переменного электрического поля. Реакция двигательного нерва, который подвергался соответствующему воздействию, оценивалась по сокращению мышцы, которое, в свою очередь, графически фиксировалось при помощи миографа, соединенного с кимографом. Результаты записи миограммы, выполненные с помощью кимографа, были обработаны – измерялась высота амплитуды кривой записи миограммы в миллиметрах. Амплитудные значения, соответствующие каждой записи миограммы, фиксировались в табличном виде. Для удобства анализа табличные значения представлялись в формате, близком к современным гистограммам, при этом по оси абсцисс показывалось количество сокращений, по оси ординат – амплитуда сокращения по записи миограммы.

Таким образом, результаты экспериментов в диссертации представлялись в виде фотографий кривых миограммы, в табличном цифровом виде и в графическом формате (рис. 4). Этим обеспечивалась возможность качественного и количественного анализа данных эксперимента.

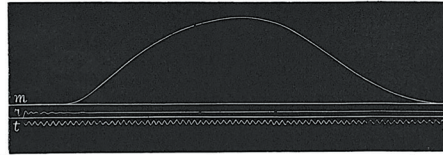
Излагая результаты опытов, Костин приводит данные по конкретному эксперименту в формате, позволяющем анализировать результаты. На рис. 4 («наблюдение 1» с рис. 31 диссертации) представлен характерный пример результата эксперимента по изучению возбуждающего действия электрического поля на нервно-мышечный препарат.

<sup>13</sup> Там же.



**ТАБЛИЦА ИЗМЕРЕНИЙ КРИВЫХЪ.**  
 R—миограммы от раздражения электричеством на расстоянии.  
 R — " " " " электричеством индуктором Du-Roit-  
*Leymond's.*  
 p—период скрытого раздражения, в тысячных долях секунды.  
 h—высота, l—длина миограммы (по абсциссе) в миллиметрах.  
 NB. Казлдоку № опыта соотвѣтствуетъ новый нервно-мышечный препаратъ.

№ опыта.	R			I		
	p	h	l	p	h	l
34	17	15	68	18	14,5	67
35	17	12,5	66	18	12,5	66
—	18	13	66	17	13	69
—	18	13	67	18	13	69
—	18	—	67	—	—	—
36	18	13,5	67	18	13,5	71
37	18	13,5	58	18	11,5	58,5
—	—	—	—	18	11,5	64
38	15	15	80	18	15,5	80
—	17	15,5	81	18	15,5	79
39	17	17,5	81	18	17	80
—	18	17,5	83	19	17,5	75
40	18	17	78	18	18	80
—	15	18	75	17	—	75



**Рис. XI.** миограмма от раздражения электричеством на расстоянии. *m*—абсцисса кривой сокращения мускула лягушки; *t*—отбѣлка момента раздраженія; *t'*—колебания комморта (500 вѣ 1 сек.), записывающаго время, гесп., скорость вращения барабана кимографа.

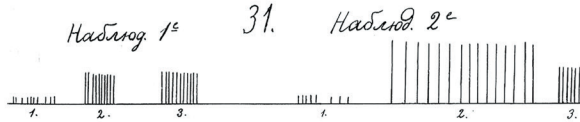


Рис. 4. Представление результатов исследования в диссертации С. И. Костина

Из материалов диссертации ясен ход проведения опыта и рассуждений автора при анализе данных. В ходе опыта нервно-мышечный препарат подвергался контактному воздействию электричества, полученные данные высоты амплитуды миограммы отображены на гистограмме в первой группе. Затем на этот же нервно-мышечный препарат воздействовали электрическим полем, данные о реакции, записанные кимографом, отображены во второй группе значений. Третья группа значений соответствует повторному воздействию контактным электричеством на тот же нервно-мышечный препарат. Сергей Иванович так излагал ход своих рассуждений:

...сравнивая в каждом наблюдении высоты группы 1-й и 3-й, мы видим, что после электризации «электродом возбудителем» препарат реагировал более сильными сокращениями на «пробный раздражитель» той же силы, чем до того...<sup>14</sup>

Таким образом, Костин сделал вывод, что в данном опыте возбуждение нервно-мышечного препарата повысилось под действием электрического поля.

Сходному анализу подверглись все результаты экспериментов, проведенных Костиным в физиологической лаборатории и включенных в материалы диссертации. Обобщив их, автор сформулировал следующие основные научные выводы:

- двигательный нерв может возбуждаться электричеством на расстоянии, в том числе при его изолированности от проводников;
- возбуждение нерва находится в прямой зависимости от размеров электрода, создающего электрическое поле, и в обратной от расстояния от электрода до нерва, а также зависит от взаимного расположения нерва и электрода-возбудителя;

<sup>14</sup> Там же. С. 67.

— в электрическом поле, «при достаточном его напряжении», возбудимость нерва повышается: «...на тот же самый пробный раздражитель нерв реагирует сильнее непосредственно после действия электрического поля, чем до этого действия, или некоторое время спустя...»<sup>15</sup>.

В заключении диссертации Костин предложил биоэлектрофизический механизм физиологического действия переменного электрического поля, предположив, что физиологические явления объясняются «самораздражением» нерва под влиянием электрического тока, который возникает в нем путем индукции. Спустя 120 лет этот вывод представляется вполне обоснованным и укладывается в современные представления о биологических механизмах действия электромагнитного поля и их физической основе для этих условий облучения<sup>16</sup>.

Основные научные результаты работы Костина, с обязательным упоминанием и благодарностью, были включены в фундаментальный труд его учителя Данилевского<sup>17</sup>.

Последующее столетие систематических исследований вполне подтвердило взгляды Костина и Данилевского на электромагнитное поле слабой интенсивности как на раздражитель нервной системы применительно к облучению различных частот и условий. Более того, это фундаментальное положение заложено в основу санитарно-эпидемиологических норм нашей страны начиная с первого обоснования возможных значений предельно допустимого уровня электромагнитного поля и до настоящего времени<sup>18</sup>. Взгляд на ЭМП низкой интенсивности как на слабый подпороговый раздражитель для центральной нервной системы, к которому применимы законы физиологии о биологической силе, адаптационных реакциях и путях модификации биологического эффекта, излагается в работах Ю. А. Холодова, С. Н. Лукьяновой, Р. А. Чиженковой, Ю. Г. Григорьева и О. А. Григорьева и др.<sup>19</sup>

<sup>15</sup> Там же. С. 72.

<sup>16</sup> Григорьев, Григорьев, Степанов, Меркулов. Электромагнитная безопасность человека...; Extremely Low Frequency Fields. WHO Environmental Health Criteria 238. Geneva: World Health Organization, 2007.

<sup>17</sup> Данилевский. Исследования над физиологическим действием электричества на расстоянии. I. Электрокинетическое раздражение нервов...; Данилевский. Исследования над физиологическим действием электричества на расстоянии. II. Дальнейшие опыты по нейро-электрокинезу...

<sup>18</sup> Григорьев, Григорьев. Сотовая связь и здоровье...

<sup>19</sup> Холодов. Влияние электромагнитных и магнитных полей...; Лукьянова С. Н., Алексеева В. А. Изменения в реакции нейронов зрительной области коры головного мозга кролика на вспышку света под влиянием низкоинтенсивных физических факторов неионизирующей природы // Радиационная биология. Радиэкология. 2011. Т. 51. № 4. С. 471–475; Лукьянова С. Н., Карпикова Н. И., Григорьев О. А., Алексеева В. А. Кумуляция нейроэффектов повторных электромагнитных облучений нетепловой интенсивности // Радиационная биология. Радиэкология. 2015. Т. 55. № 2. С. 169–179; Чиженкова Р. А. Исследование роли специфических и неспецифических образований в электрических реакциях головного мозга кролика, вызываемых электромагнитными полями УВЧ и СВЧ и постоянным магнитным полем. Дис. ... канд. мед. наук. М., 1966.

Начало научной карьеры Костина было многообещающим, и, по мысли профессора В. Я. Данилевского, настоящее исследование должно явиться лишь отдельным звеном в серии работ по вопросу о действии на организм электричества на расстоянии<sup>20</sup>.

Однако уже в 1901 г. Костин был вынужден покинуть лабораторию физиологии, а в 1905 г. умер в возрасте 36 лет. К сожалению, вскоре и Данилевский прекратил эксперименты в физиологической лаборатории Императорского Харьковского университета, поскольку «после 1898–1899 г. начались репрессии начальства против моей лаборатории. Это была закулисная борьба против прогрессивной профессуры»<sup>21</sup>. Вернулся к «электромагнитной тематике» Василий Яковлевич только во второй половине 1920-х гг. и в обобщающей статье «О действии электрических токов высокой частоты на нервы на расстоянии»<sup>22</sup> ввел данные собственные и Костина в научный оборот следующего поколения российских / советских исследователей биоэффектов ЭМП.

## Заключение

С. И. Костин был первым исследователем, специально занимавшимся изучением биологических эффектов электромагнитного поля, подготовившим научную работу в этой области и аттестованным за нее в соответствии с требованиями, предъявлявшимися к соискателям докторской степени в Российской империи. Анализ содержания работы, описания методики экспериментов, формата представления данных и метода их интерпретации говорит о том, что экспериментальное исследование биоэффектов электромагнитного поля в российской лаборатории конца XIX в. проводилось на самом высоком научно-техническом уровне.

Данные исследований Костина впервые позволили рассматривать переменное электрическое поле как раздражитель двигательного нерва. Терминология, использованная автором диссертации, и ее смысловое наполнение отражают ход развития научной мысли и переход от исследований физиологического действия электричества к изучению действия «электричества на расстоянии» и переменного электрического поля. Автор полагал, что в основе всех перечисленных эффектов лежит единый физиологический механизм, что согласуется с современными взглядами на этот предмет. Таким образом, диссертация Костина может считаться трудом, заложившим основы для дальнейших исследований биологических эффектов электромагнитного поля.

<sup>20</sup> Костин. К учению о физиологическом действии... С. П.

<sup>21</sup> Финкельштейн Е. А. Василий Яковлевич Данилевский — выдающийся российский биолог, физиолог и протистолог (1852–1939). М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1955.

<sup>22</sup> Данилевский В. Я., Воробьев А. Н. О действии электрических токов высокой частоты на нервы на расстоянии. Харьков: Научная мысль, 1927.

## References

- Bogoliubov, V. M., and Ponomarenko, G. N. (1998) *Obshchaia fizioterapiia [General Physiotherapy]*. Sankt-Peterburg: Pravda.
- Borgman, I. I. (1887) *O rasprostraneni elektricheskogo toka cherez vozdukh. Soobshcheno na zasedanii fizicheskogo otdeleniia Fiziko-khimicheskogo obshchestva pri Imperatorskom S.-Peterburgskom universitete [On the Propagation of Electric Current in the Air. Delivered at the Session of the Physical Branch of the Physicochemical Society under the St. Petersburg Imperial University]*. Sankt-Peterburg: Tipografiia V. Demakova.
- Chizhenkova, R. A. (1966) *Issledovanie roli spetsificheskikh i nespetsificheskikh obrazovani v elektricheskikh reaktsiiakh golovnogogo mozga krolika, vyzvaemykh elektromagnitnymi poliami UVCh i SVCh i postoiannym magnitnym polem. Dis. ... kand. med. nauk [A Study into the Role of Specific and Nonspecific Formations in the Electric Reactions of Rabbit Brain, Caused by UHF and SHF Electromagnetic Fields and by the Permanent Magnetic Field. Thesis for the Candidate of Medical Sciences Degree]*. Moskva.
- Chizhenkova, R. A. (2012) *Dinamika neirofiziolozhicheskikh issledovani deistviia neioniziruiushchei radiatsii vo vtoroi polovine XX-go veka [Dynamics of Neurophysiologic Studies into the Action of Non-Ionizing Radiation in the Second Half of the 20<sup>th</sup> Century]*. Moskva: Izdatel'skii dom Akademii estestvoznaniia.
- Cook, H. J., Steneck, N. H., Vander, A. J., and Kane, G. L. (1980) Early Research on the Biological Effects of Microwave Radiation: 1940–1960, *Annals of Science*, vol. 37, no. 3, pp. 323–351.
- Danilevskii, A. Ia. (2010) *Issledovaniia nad spinnym i golovnym mozgom liagushki i chast'iu vysshikh zhivotnykh [Studies on the Spinal Cord and Brain of the Frog and, Partly, of Higher Animals]*. Moskva: Izdatel'stvo LKI.
- Danilevskii, V. Ia. (1879) O summirovanii elektricheskikh razdrzhenii bluzhdaiushchikh nervov. Chitano v zasedanii Fiziko-matematicheskogo otdeleniia 11 sentiabria 1879 g. [On the Summation of Electrical Stimulation of the Vagus Nerves. Delivered at the Session of Physico-Mathematical Division on September 11, 1879], *Zapiski Imperatorskoi akademii nauk*, vol. 35, no. 2, pp. 69–77.
- Danilevskii, V. Ia. (1888) Issledovanie nad elektricheskim razdrzheniem nervov [Study on the Electric Irritation of the Nerves], in: *Fiziologicheskii sbornik: stat'i i raboty po biologii i eksperimental'noi meditsine iz laboratorii i pod redaktsiei Aleksandra Danilevskogo, prof. i Vasiliia Danilevskogo, prof. v Imperatorskom Khar'kovskom universitete [Physiological Omnibus: Papers and Works on Biology and Experimental Medicine from the Laboratory of, and Edited by, Prof. Alexander Danilevsky and Prof. Vasily Danilevsky, at the Imperial Kharkov University]*. Khar'kov: K. Rikker, vol. 1, pp. 119–267.
- Danilevskii, V. Ia. (1900) *Issledovaniia nad fiziologicheskim deistviem elektrichestva na rasstoianii. I. Elektrokineticheskoe razdrzhenie nervov [Studies into the Physiological Action of Electricity at a Distance: 1. Electrical Irritation of the Nerves]*. Khar'kov: Parovaia tipografiia i litografiia Zil'berberg.
- Danilevskii, V. Ia. (1901) *Issledovaniia nad fiziologicheskim deistviem elektrichestva na rasstoianii. II. Dal'neishie opyty po neuro-elektrokinetike [Studies into the Physiological Action of Electricity at a Distance. 2. Further Experiments in Neuro-Electrokinetics]*. Khar'kov: Parovaia tipografiiia M. Zil'berberg i S-v'ia.
- Danilevskii, V. Ia., and Vorob'ev, A. N. (1927) *O deistvii elektricheskikh tokov vysokoi chastoty na nervy na rasstoianii [On the Effect of High-Frequency Electrical Currents on the Nerves at a Distance]*. Khar'kov: Nauchnaia mysl'.
- Extremely Low Frequency Fields. WHO Environmental Health Criteria 238.* (2007) Geneva: World Health Organization.
- Finkel'shtein, E. A. (1955) *Vasilii Iakovlevich Danilevskii – vydaiushchiisia rossiiskii biolog, fiziolog i protistolog (1852–1939) [Vasily Yakovlevich Danilevsky, a Prominent Russian Biologist, Physiologist and Protistologist (1852–1939)]*. Moskva and Leningrad: Izdatel'stvo AN SSSR.

- Gordon, Z. V. (1966) *Voprosy gigieny truda i biologicheskogo deistviia elektromagnitnykh polei sverkhvysokikh chastot [Problems of Occupational Health and Biological Action of Ultra-High Frequency Electromagnetic Fields]*. Leningrad: Meditsina.
- Grigor'ev, Iu. G., and Grigor'ev, O. A. (2016) *Sotovaia sviaz' i zdorov'e: elektromagnitnaia obstanovka, radiobiologicheskie i higienicheskie problemy, prognoz opasnosti. 2-e izd. [Cellular Communications and Health. Electromagnetic Environment, Radiobiological and Hygienic Problems. Hazard Forecast. 2<sup>nd</sup> ed.]*. Moskva: Ekonomika.
- Grigor'ev, Iu. G., Grigor'ev, O. A., Stepanov, V. S., and Merkulov, A. V. (1999) *Elektromagnitnaia bezopasnost' cheloveka: spravochno-informatsionnoe izdanie [Electromagnetic Safety of Humans: A Reference Edition]*. Moskva: Rossiiskii natsional'nyi komitet po zashchite ot neioniziruiushchego izlucheniia.
- Guy, A. W. (1984) History of Biological Effects and Medical Applications of Microwave Energy, *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, vol. 32, iss. 9, pp. 1182–1200.
- Kholodov, Iu. A. (1966) *Vliianie elektromagnitnykh i magnitnykh polei na tsentral'nuu nervnuu sistemu [Influence of Electromagnetic and Magnetic Fields on Central Nervous System]*. Moskva: Nauka.
- Kostin, S. I. (1898) *K ucheniiu o fiziologicheskome deistvii elektricheskogo polia na dvigatel'nyi nerv. Dissertatsiia na stepen' doktora meditsiny [Towards the Theory of the Physiological Action of Electric Field on the Motor Nerve. Dissertation for the Doctor of Medicine Degree]*. Khar'kov: Tipografiia "Pechatnoe delo".
- Kostin, S. I. (1898) *O fiziologicheskome deistvii elektrichestva na rasstoianii [On the Physiological Action of Electricity at a Distance]*. Sankt-Peterburg: K. L. Rikker.
- Luk'ianova, S. N., and Alekseeva, V. A. (2011) Izmeneniia v reaktsii neuronov zritel'noi oblasti kory golovnogo mozga krolika na vspyshku sveta pod vlianiem nizkointensivnykh fizicheskikh faktorov neioniziruiushchei prirody [Changes in the Response of Neurons in the Visual Cerebral Cortex of Rabbits to a Flash of Light under the Influence of Low-Intensity Non-Ionizing Physical Factors], *Radiatsionnaia biologii. Radioekologii*, vol. 51, no. 4, pp. 471–475.
- Luk'ianova, S. N., Karpikova, N. I., Grigor'ev, O. A., and Alekseeva, V. A. (2015) Kumuliatsiia neuroeffektov povtornykh elektromagnitnykh obluchenii neteplovoi intensivnosti [Cumulation of Neuro Effects of Repeated Exposure to Electromagnetic Radiation of Non-Thermal Intensity], *Radiatsionnaia biologii. Radioekologii*, vol. 55, no. 2, pp. 169–179.
- Mezernitskii, P. G. (1916) *Fizioterapiia: rukovodstvo dlia prakticheskikh vrachei [Physiotherapy: A Manual for Practicing Physicians]*. Petrograd: Prakticheskaiia meditsina, vols. 1–3.
- Osepchuk, J. M., and Petersen, R. C. (2003) Historical Review of RF Exposure Standards and the International Committee on Electromagnetic Safety (ICES), *Bioelectromagnetics*, vol. 24, supplement 6, P. 7–16.
- Ponomarenko, G. N. (1998) *Akademicheskie stranitsy istorii fizioterapii i kurortologii [Academic Pages in the History of Physiotherapy and Balneology]*. Sankt-Peterburg: VMedA.
- Presman, A. S. (1968) *Elektromagnitnye polia i zhivaiia priroda [Electromagnetic Fields and Wildlife]*. Moskva: Nauka.
- Sechenov, I. M. (1862) *O zhivotnom elektrichestve [On Animal Electricity]*. Sankt-Peterburg: Tipografiia Iakova Treia.
- Skvortsov, I. P., and Bagalei, D. I. (1905–1906) *Meditsinskii fakul'tet Khar'kovskogo universiteta za pervye 100 let ego sushchestvovaniia (1805–1905) [Medical Faculty of Kharkov University during the First 100 Years of Its Existence (1805–1905)]*. Khar'kov: Tipografiia "Pechatnoe delo".
- Stoletov, A. G. (1902) *Efir i elektrichestvo. Rech', proiznesennaia na obshchem sobranii VIII S'ezda estestvoispytatelei i vrachei 3 ianvaria 1890 g. [Ether and Electricity. The Speech Delivered at the General Meeting of the 8<sup>th</sup> Congress of Naturalists and Physicians on January 3, 1890]*. Moskva: Izdanie Sabashnikovykh.
- Süsskind, C. (1979) The "Story" of Nonionizing Radiation Research, *Bulletin of the New York Academy of Medicine*, vol. 55, no. 11, pp. 1152–1163.

The Bioelectromagnetics Society. History of the First 25 Years. 2003, <http://www.bioelectromagnetics.org/doc/bems-history.pdf>.

Ulashchik, V. S. (2008) *Fizioterapiia. Universal'naiia meditsinskaia entsiklopediia [Physiotherapy. A Universal Medical Encyclopedia]*. Minsk: Knizhnyi dom.

Verigo, B. F. (1888) *K voprosu o deistvii na nerv gal'vanicheskogo toka preryvistogo i nepreryvnogo (popytka ob"iasneniia fiziologicheskikh iavlenii elektrona). Dissertatsiia na stepen' doktora meditsiny [Revisiting the Effect of Intermittent and Continuous Galvanic Current on the Nerve (An Attempt to Explain the Physiological Phenomena of the Electron). Doctor of Medicine Dissertation]*. Sankt-Peterburg: Tipografiia Stasiulevicha.

Vvedenskii, N. E. (1884) *Telefonicheskie issledovaniia nad elektricheskimi iavleniiami v myshechnykh i nervnykh apparatakh [Telephonic Studies into Electrical Phenomena in the Muscular and Nervous Apparatus]*. Sankt-Peterburg: Tipografiia V. Demakova.

Received: October 9, 2018.