

## ИССЛЕДОВАНИЯ БИМЕДИЦИНСКИХ ЭФФЕКТОВ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ В РОССИИ ЗА 130 ЛЕТ: ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ РАЗВИТИЯ И ФОРМИРОВАНИЯ НАУЧНОГО ЗНАНИЯ

© 2024 г. О. А. Григорьев<sup>1, 2, 3, \*</sup>, И. Б. Ушаков<sup>2, 3, 4</sup>, В. А. Алексеева<sup>1</sup>

<sup>1</sup>АНО «Национальный научно-исследовательский центр безопасности новых технологий», Москва, Россия

<sup>2</sup>Научный совет РАН по радиобиологии

<sup>3</sup>Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна, Москва, Россия

<sup>4</sup>Радиобиологическое общество РАН

\*E-mail: oa.grigoriev@gmail.com

Поступила в редакцию 20.03.2024 г.

После доработки 20.04.2024 г.

Принята к публикации 24.04.2024 г.

Рассмотрены ключевые этапы развития исследований биомедицинских эффектов электромагнетизма в России на протяжении 130 лет. Доказана непрерывность и преемственность научного знания о биомедицинских эффектах электромагнитного поля, поддерживаемая в исследовательском сообществе нашей страны благодаря существованию научных школ, системному характеру исследований и научно-координационной работе. Особое внимание уделено периоду становления плановых исследований, когда были заложены основные методологические принципы и обоснованы фундаментальные научные положения в понимании биологических эффектов электромагнетизма и их медицинских приложений. Обобщены основные представления отечественных ученых о механизме биологического действия электромагнитного поля и принципах его гигиенического нормирования.

**Ключевые слова:** электромагнитное поле, биологический эффект, неионизирующие излучения, радиобиология, гигиена, нервная система, радиочастоты, Россия, история науки

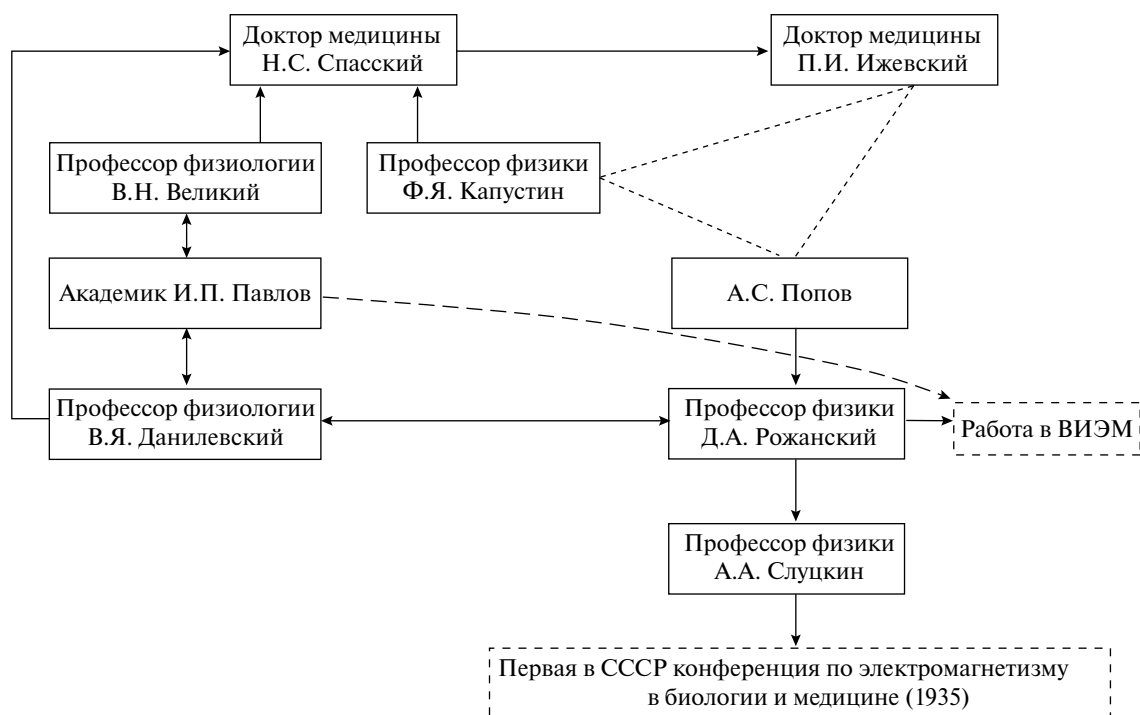
**DOI:** 10.31857/S0869803124030014, **EDN:** MBSILB

Исследования биологических эффектов электромагнетизма в нашей стране ведутся больше века. Однако до сих пор не предпринималось попыток обобщения научной истории развития этого направления исследований, анализа последовательного развития научного знания, роли ключевых исследовательских лабораторий и преемственности научных школ электромагнитобиологии, радиобиологии и гигиены неионизирующих излучений. В настоящей работе мы предприняли такую попытку, заведомо осознавая сложности формата и ограничения журнального объема. Важным мотивом к написанию работы стала ответственность за сохранение научных достижений наших предшественников и учителей, понимание необходимости донести предысторию до новых поколений, позволяющую оценить усилия российских исследователей биоэффектов электромагнетизма, работы которых длительное время были безоговорочно

передовыми и оказывали влияние на направления исследований в мире.

Говоря об истории исследований биомедицинских эффектов электромагнетизма, не будет лишним напомнить принципиальное отличие электромагнитного поля от прочих физических факторов окружающей среды: электромагнитное поле – это особый вид материи, посредством которой осуществляется взаимодействие между электрически заряженными частицами [1]. Акцент на особом виде материи – природа которого сама не ясна полностью для современной науки – требует отделить электромагнитное поле (ЭМП) от прочих физических факторов, с которыми взаимодействует человек как с точки зрения его биотропного значения, так и с точки зрения сложности исследования этого фактора.

Отчеты ученых Императорской медико-хирургической (Военно-медицинской) академии



**Рис. 1.** Научные контакты и преемственность первых исследователей биомедицинских эффектов электромагнетизма в Российской Империи [6].

**Fig. 1.** Scientific contacts and continuity of the first researchers of the biomedical effects of electromagnetism in the Russian Empire [6].

об исследованиях биомедицинских эффектов электромагнетизма и электричества известны с 1840 г. (Шипулинский П.Д., Кабат И.И.). Российские авторы работ середины XIX века были знакомы с магнетизмом и электричеством на расстоянии, со способами индуцирования токов при помощи электромагнитов, но не использовали “дистанционное” воздействие, поскольку не видели преимуществ перед применением электричества в медицине. Исследовали физиологическую роль биоэлектричества в нервной системе и “электричество как раздражитель нервной системы”.

Биомедицинские эксперименты с электромагнетизмом стали логическим продолжением исследования роли электричества в организме, его значения в функционировании нервной системы в конце XIX века. Это стало возможным после работ Максвелла (1865) и Герца (1888), заложивших основу практической электродинамики и инженерных решений для электрофизических установок создания переменного ЭМП. Для перехода физиологии от электричества к электромагнетизму первоочередное значение имело последовательное

формирование теории электромагнитного поля, развитие технических средств генерации и их внедрение в промышленность, быт и медицину.

Первыми в Российской Империи начиная с 1895 г. биоэффекты электромагнетизма в его классическом понимании исследовали профессор Императорского Харьковского университета В.Я. Данилевский и его ученик, доктор медицины С.И. Костин, фактически одновременно с изобретением практического радио А.С. Поповым: принципиальные схемы генерирующей переменное электромагнитное поле установки Данилевского/Костина и Попова были чрезвычайно схожи [2–4].

С.И. Костин – первый ученый в Российской Империи, защитивший “электромагнитную” диссертацию по физиологии, это произошло 25 мая 1898 г. по старому стилю, работа называлась “К учению о физиологическом действии электрического поля на двигательный нерв” [5].

Большая семья А.С. Попова, изобретателя практического радио в России, имела непосредственное влияние на первые исследования биомедицинских эффектов электромагнетизма в конце XIX – начале XX веков: это было

неформальное объединение докторов медицины, физиологов, электрофизиков, работавших совместно. А.С. Попов лично konstruировал высокочастотные источники для сотрудников Императорской Военно-медицинской академии практически одновременно с разработкой собственной аппаратуры. Профессиоально-семейные связи способствовали защите первой в Российской Империи медико-биологической диссертации по непосредственному действию электромагнитного поля на человека (П.И. Ижевский, Императорская Военно-медицинская академия, 1900 г.) и к защите первой в Императорском Томском университете диссертации по медицине, посвященной физиологическим эффектам действия “электричества на расстоянии” (Н.С. Спасский, 1901), в которой диссертант и его руководители, профессора В.Н. Великий и Ф.Я. Капустин, поставили под сомнение “энергетическую” теорию физиологического действия “высокочастотного” электромагнитного поля француза д’Арсонваля, доминировавшую в Европе в последней декаде XIX века [6, 7].

В.Я. Данилевский и С.И. Костин экспериментально доказали, что электромагнитное поле является раздражителем нервной системы; при этом не изменяется общий энергетический баланс тела. Таким образом, профессор В.Я. Данилевский заложил основы подхода к электромагнитному полю радиочастотного диапазона как к раздражителю нервной системы. Наиболее важный результат его исследований – выявление ведущей роли нервной ткани в формировании реакции на переменное электрическое и электромагнитное поля. “Нерв” экспериментально показан как мишень для ЭМП вне зависимости от частоты: нервная ткань непосредственно “реагирует”, под действием ЭМП изменяется возбудимость нерва, в общем случае “заметно” повышается. Вывод о первичности реакции нервной системы на “электричество на расстоянии” поддержан академиком В.М. Бехтеревым и академиком И.П. Павловым.

Данные В.Я. Данилевского быстро вошли в научный оборот и были использованы академиком И.Р. Тархановым для объяснения противоречий в его опытах с рентгеновским излучением. Тарханов обнаружил, что под влиянием рентгеновских лучей, испускаемых трубкой Крукса, понижается возбудимость центральной нервной системы. Однако он наблюдал интенсивное сокращение мышц при облучении

нервно-мышечного препарата лягушки, что противоречило его же собственным данным о снижении возбудимости под влиянием рентгеновских лучей. И.Р. Тарханов (1897) писал: “Изученные мною в этом исследовании явления при помощи Круксовой трубки стоят, как видно, весьма близко к явлениям, недавно указанным проф. В. Данилевским насчет действия на расстоянии темных разрядов Румкорфовой спирали на нервно-мышечный препарат лягушки. Вся разница в том, что в цепи вторичной спирали Румкорфовой спирали у меня включена была Круксова трубка, возле которой я и группировал все свои опыты; тогда как проф. В.Я. Данилевский действовал просто полюсами от вторичной спирали Румкорфовой спирали” [8]. Это наблюдение имело существенные последствия для практики рентгенологии, так как в дальнейшем И.Р. Тарханов для исключения раздражающего действия импульсного электромагнитного поля катушки применял экран по методу Данилевского. Необходимость экранирования электрического поля рентгеновского аппарата была введена в практику. Радиобиологи факт влияния на ЦНС импульсного электрического поля рентгеновской установки забыли до 1950-х годов, когда случай Тарханова повторился при опытах в Институте биофизики Минздрава СССР под руководством академика М.Н. Ливанова [9].

В 1933 г. академик А.А. Ухтомский предложил продолжить исследования о физиологическом раздражителе как о фундаментальном свойстве электромагнетизма. Академик Ухтомский писал: “Физиология и электрофизиология строились до сих пор... на таких представлениях, которые звучат архаично... будет делом насущным пересмотреть положения электрофизиологии с точки зрения новой электромагнитной физики и учения о поле. Первоочередной задачей будет пересмотр учения о физиологическом раздражителе с точки зрения теории поля. Одним из первых камней в предстоящую работу положен В.Я. Данилевским его исследованиями над физиологическим действием электрических напряжений на расстоянии” [10]. Так задан главный вектор развития плановых научных исследований биоэффектов электромагнетизма, определивший перспективы последующих лет.

С 1930-х и до 1992 г. исследования биомедицинских эффектов электромагнетизма в СССР выполнялись в рамках плановой тематики, формируемой на всесоюзном уровне.

В период 1930-х годов ключевую роль играли Всесоюзный институт экспериментальной медицины (ВИЭМ), Военно-медицинская академия и Украинский институт экспериментальной медицины. Именно в этом институте А.А. Слуцкиным в 1933 г. при прямой поддержке академика В. Я. Данилевского был основан отдел биофизики, который в значительной мере обеспечил преемственность с исследованиями периода Российской Империи, в том числе перенос их в ВИЭМ. Исследования Д.А. Рожанского и его учеников А.А. Слуцкина и М. Штернберга привели к созданию магнетронов дециметрового диапазона и сверхвысоких частот (СВЧ). Впоследствии Д.А. Рожанский продолжил исследования и разработки в области биологических эффектов ЭМП в Ленинградском филиале ВИЭМ совместно с Г.Л. Френкелем, а также в НИИ-9, где были использованы разработки его харьковских учеников по СВЧ-генерации. Учениками Данилевского и Попова в СССР были начаты исследования биоэффектов электромагнетизма по большому научному плану [11, 12]. В 1935 г. под председательством А.А. Слуцкина в Харькове состоялась Первая всесоюзная конференция “Ультракороткие волны в медицине и биологии” [13].

В декабре 1935 г. в Харькове был проведен Третий Всесоюзный съезд физиотерапевтов, на котором более половины докладов были посвящены вопросам использования электромагнетизма. Одним из важных решений было признать работу с источниками ЭМП ультравысоких частот (УВЧ) вредной профессией, и впервые был рекомендован предельно допустимый уровень (ПДУ) электромагнитного поля радиочастот равный  $10 \text{ мкВт/см}^2$  [14, 15]. Несмотря на то, что ПДУ был рекомендательным и область применения ограничивалась физиотерапевтическими и исследовательскими установками генерации ЭМП, согласно материалам, которыми мы располагаем в настоящее время, это первая конкретизация гигиенического норматива ЭМП в нашей стране, коллегиально одобренная научным сообществом.

А.В. Лебединский считал, что традиция исследований влияния внешних факторов на организм на кафедре физиологии Военно-медицинской академии (ВМА) была заложена еще И.Р. Тархановым, что “нашло свое развитие в циклах работ кафедры, посвященных анализу влияния на организм ионизирующей радиации, лучистой энергии, ультракоротких

электромагнитных волн, измененных условий газовой среды и многих других”. В учебном курсе кафедры, по рекомендации И.П. Павлова, были использованы материалы В.Я. Данилевского, работы которого Павлов высоко ценил [16].

С 1933 г. кафедра физиологии ВМА РККА планомерно работала в области биофизики, главным образом — электрофизиологии и радиобиологии. Заведующий кафедрой Л.А. Орбели писал: “В царской России работы биофизического характера оказались отодвинутыми на второй план. Этому в значительной степени способствовала техническая и индустриальная отсталость нашей страны. В настоящее время намечается сильный сдвиг в сторону разработки биофизических вопросов отчасти в связи с требованиями обороны, отчасти в связи с бурным развитием индустрии” [17].

На кафедре физиологии ВМА исследовали электрофизические свойства тканей (А.В. Лебединский, А.И. Бронштейн), развивали теорию происхождения биоэлектрических явлений (А.В. Лебединский, А.С. Мозжухин, И.А. Пеймер), основываясь на представлениях И.М. Сеченова и В.Ю. Чаговца об образовании электрической энергии в живых тканях за счет энергии, освобождаемой в процессе обмена веществ. Вели работы по исследованию действия токов (в том числе индуцированных) высокого напряжения промышленной частоты (Л.А. Орбели, М.П. Бресткин). Однако большая часть работ посвящена исследованиям биоэффектов ультравысоких частот, коротких (КВ) и ультракоротких волн (Д.Я. Глезер, А.В. Тонких, Н.В. Бекаури, А.В. Лебединский) [18–28].

Совместно с ВМА плановые исследования биоэффектов электромагнетизма с 1934 г. вели в Ленинградском филиале Всесоюзного института экспериментальной медицины силами физико-биологического и физико-технического отдела, включая лабораторию спецназначения, работавшую совместно с Электрофизическим институтом Наркомтяжпрома (Д.А. Рожанский).

Перед коллективом из 28 человек в ВИЭМ была поставлена первоочередная задача предсказания биоэффекта в зависимости от “дозировки” электромагнитного поля — построение зависимости “доза–эффект”, пригодной для практического применения. В этой связи развивались методы оценки падающей и поглощенной электромагнитной энергии, в том числе расчетного моделирования с использованием

биоэлектрофизических характеристик тканей тела. Было положено начало методически точным исследованиям по действию ЭМП ультракоротковолнового (УКВ) и КВ диапазонов. В 1937 г. заведующий физико-биологическим отделом ВИЭМ Г.Л. Френкель писал, что на основании собственного экспериментального материала были “выявлены две чрезвычайно важные особенности” электромагнитного поля радиочастот — фазность и последствие. В период до 1940 г. в ВИЭМ для известных к тому времени диапазонов частот УКВ и КВ были построены зависимости “доза—эффект” для эффектов от недействующего до летального, дана биофизическая характеристика механизмов на уровне систем и организма в целом, преимущественным механизмом признавали биоэлектрические явления в клеточной мембранной и примембранной области клеток [29—31].

К середине 1930-х годов накопились данные о развитии заболеваемости у работающих с источниками электромагнитного поля радиочастот, прежде всего у радистов, а затем и у работающих с генераторами, прежде всего у физиков в Физическом институте Ленинградского государственного университета (ЛГУ) и у сотрудников ВИЭМ, а также у врачей-физиотерапевтов. Впервые в СССР клинко-физиологические обследования сотрудников Физического института ЛГУ, работавших с генераторами ЭМП, вел Б.В. Лихтерман. Был выявлен ряд функциональных сдвигов, в первую очередь повышение температуры тела при работе с генераторами при общем нарушении функции терморегуляции, при этом, как правило, отсутствовала корреляция головных болей и утомляемости с изменениями температуры тела [22].

В обобщающей монографии ВИЭМ (1937) в качестве основных симптомов вредного действия радиочастот, в частности, зафиксированы эффекты нервной системы: ослабление памяти, рассеянность, забывчивость, нервозность, бессонница, дрожь рук. Фиксировали головные боли, повышенную утомляемость, нарушения репродуктивной сферы, особенно у женщин, нарушения зрения. С 1935 г. на базе ВИЭМ силами Ленинградского института охраны труда впервые в СССР были проведены систематические гигиенические исследования условий работы с генераторами УКВ диапазона. ВИЭМ разрабатывал организационно-технические методы защиты, в том числе вопросы экранирования [33].

Физико-биологический отдел ВИЭМ выпустил в 1939—1940-х годах четыре обобщающих сборника по различным аспектам действия ультракоротких волн, в том числе действие на процессы развития и роста (включая злокачественные опухоли), на кровь и кровообращение, на инфекцию и иммунитет, а также действие на микроорганизмы [34].

В годы Великой отечественной войны Г.Л. Френкель и часть его бывшего коллектива ВИЭМ работали в Военно-морской медицинской академии, разрабатывая вопросы военной электротравмы, обусловленной применением электричества “для боевых целей”. Кроме того, Г.Л. Френкель возглавлял исследования с использованием УКВ-источников ЭМП для лечения обморожений, лечебной гипертермии, а также для борьбы с развитием раневых инфекций, его монография “Электрическая лихорадка и обменные эффекты высокочастотного поля” (1945) до настоящего времени остается ценным практическим пособием [35].

Обобщение опыта госпитального применения магнитного поля в лечении раненых и больных во время Великой Отечественной войны выполнено в монографии ученых Молотовского медицинского института (г. Пермь) “Биологическое и лечебное действие магнитного поля и строго-периодической вибрации” (1948), которая также содержит важный материал для практики [36].

Особенностью исследований биоэффектов электромагнетизма в послереволюционный период было принципиальное рассмотрение вопроса потенциала военного применения электромагнитных излучений, который в различных формах обсуждался Совнаркомом и руководством РККА начиная с записки В.И. Ленина в 1921 г. (см. с. 88 в [36]). Чтобы окончательно разрешить вопрос, по поручению Реввоенсовета СССР лаборатория специального назначения ВИЭМ (А.М. Кугушев) с 1934 г. обеспечивала биофизическое сопровождение разработки УКВ-установки оборонного назначения, предложенной в 1932 г. академиком А.Ф. Иоффе. Эта установка должна была поражать противника на расстоянии 300—400 метров. Как известно, “электромагнитную пушку” в 1930-е годы не создали и убедились в бесперспективности “военного” направления биоэлектромагнетизма, а технические разработки были использованы при создании первой отечественной РЛС [38, 39].

После окончания Второй мировой войны, с развитием новых технологий, появилось большое количество генераторов радиочастот и увеличилось число людей, облучаемых ЭМП, прежде всего в производственных условиях, в исследовательских лабораториях и в Министерстве обороны.

В 1946–1947 гг. профессор А.А. Кеворкьян и его группа из Института гигиены труда и профзаболеваний АМН СССР вели масштабное продолжительное клиничко-физиологическое обследование группы лиц (87 человек), работающих в зоне излучения импульсных генераторов УКВ (длина волны 3–5 см) [40, 41]. Впервые выделены особенности последствия импульсных генераторов, заключающиеся в преимущественном действии на вегетативную нервную систему, дан вывод о специфических реакциях на облучение, обусловленных “функциональным поражением головного мозга”. Общая клиническая картина хронического облучения соответствовала данным, полученным в довоенный период в ВИЭМ. Профессор А.А. Кеворкьян изложил полную клиническую картину нарушения здоровья при хроническом облучении радиочастотами, рекомендации по лечению и описал динамику выздоровления, в 1948 г. предложил периодичность медицинских осмотров и состав специалистов, а также противопоказания к работе с источниками электромагнитного поля радиочастот, которые принципиально не изменились до настоящего времени.

В начале 1950-х годов в связи с внедрением радиолокационных станций на флоте в Военно-морской медицинской академии при кафедре нервных болезней под руководством члена-корреспондента АМН СССР А.В. Триумфова была создана научная группа для изучения состояния здоровья личного состава ВМФ в условиях облучения электромагнитным полем РЛС, преобразованная в 1954 г. в штатную научно-исследовательскую лабораторию, ориентированную исключительно на “электромагнитную” проблематику. Комплексно решалась задача электромагнитной безопасности – гигиенические, клиничко-физиологические исследования дополнены экспериментальными в физиологическом, электрофизиологическом, биохимическом и инженерно-гигиеническом направлениях. После объединения Военно-морской медицинской академии с ВМА в 1959 г. приказом Министра обороны СССР лаборатория выделена

в самостоятельное научное подразделение и введен ее новый штат.

Таким образом, исследования биологических и медицинских эффектов электромагнетизма в нашей стране за первые 50 лет эволюционировали от ученых-инициаторов в Российской империи к плановым работам в СССР и последующему созданию специализированных научных подразделений.

Следует отметить, что в 1930-е годы никогда не сходил из научных дискуссий вопрос – имеется ли значимое для физиологии специфическое биологическое действие ЭМП радиочастотного диапазона малой интенсивности или только тепловое действие способно привести к значимым эффектам [34, 40, 42]. “Энергетическое” или “тепловое” направление в исследованиях развивалось в неразрывной связи с рассмотрением электромагнитного поля в качестве раздражителя в ходе решения задачи построения зависимости “доза–эффект” в диапазоне от недействующих до летальных уровней.

В целостном виде теория биомедицинских эффектов электромагнетизма в СССР сформировалась к 1960-м годам, кратко ее можно охарактеризовать следующим образом. При воздействии электромагнитным полем во всем диапазоне частот нельзя противопоставлять или взаимно заменять тепловой и нетепловой эффект во всем диапазоне интенсивностей. Энергия поглощается в любом случае во всех тканях, в которые проникает электрический компонент поля, в зависимости от энергетического баланса можно говорить о “тепловом” эффекте. Независимо от энергии, электромагнитное поле выступает как раздражитель центральной нервной системы (ЦНС), которая ответно реагирует (на раздражитель), причем особенно выражена реакция высших отделов ЦНС, характер реакции зависит от параметров ЭМП: направленность реакций организма в эксперименте может быть противоположной в зависимости от способа организации сигнала (непрерывное или импульсно-модулированное). Вывод о роли ЦНС согласовывался с идеями академика И.П. Павлова о роли нервной системы в анализе и уравнивании всех раздражителей от внешней и внутренней среды организма.

Был определен принцип показателя вредного действия – развитие компенсаторных реакций организма, которые могут перейти в патологический процесс. На этой основе обоснованы

первые санитарные нормы для работающих с источниками радиочастот и для военных. Констатировалось, что разделение перехода физиологической компенсации в патологию весьма сложна, что требует исследования интегральных показателей, характеризующих общую реакцию организма на действие ЭМП и функций, чувствительных к его воздействию.

В 1960-х годах научная координация исследований биоэффектов электромагнетизма в масштабах страны осуществлялась Научным советом АН СССР по кибернетике, а также Научным советом по проблемам биосферы и проблемными комиссиями АМН СССР. Соответственно, фундаментальные исследования преимущественно вели в рамках кибернетического подхода, который заключался в том, что реакция ЦНС на изменение параметра внешней среды рассматривается как восприятие информации. Принималось, что если доказана реакция ЦНС и организма на “нетепловой” уровень ЭМП, то это можно называть “информационным действием электромагнитного поля”. Вопрос первичного механизма восприятия был основным предметом исследований и обсуждений в условиях отсутствия данных о специализированных рецепторах и анализаторах для восприятия ЭМП, в том числе в контексте механизмов природной ориентации и регуляции поведения. “Информационный” подход привел к последовательному принятию жестких обязательных государственных ПДУ радиочастот выше 300 МГц (для работающих и для военных — 10 мкВт/см<sup>2</sup>, для населения 1 мкВт/см<sup>2</sup>) [43–45].

В этот период тематика плановых исследований формировалась по направлениям: биофизические механизмы; определение интенсивности, метрология, дозиметрия и организация условий облучения в эксперименте; характеристика теплового действия электромагнитного поля радиочастот, включая СВЧ; влияние на сердечно-сосудистую систему, на функцию органов пищеварения, на эндокринную систему и обмен, на иммунную систему, на систему крови, на ЦНС и поведение, на репродуктивную систему. Обобщались вопросы этиологии и патогенеза функциональных и морфологических изменений. После 1962 г. начато обсуждение необходимости разработки норм для условий локального облучения головы, критериев безопасности и методов контроля для множественных источников ЭМП СВЧ [46–51].

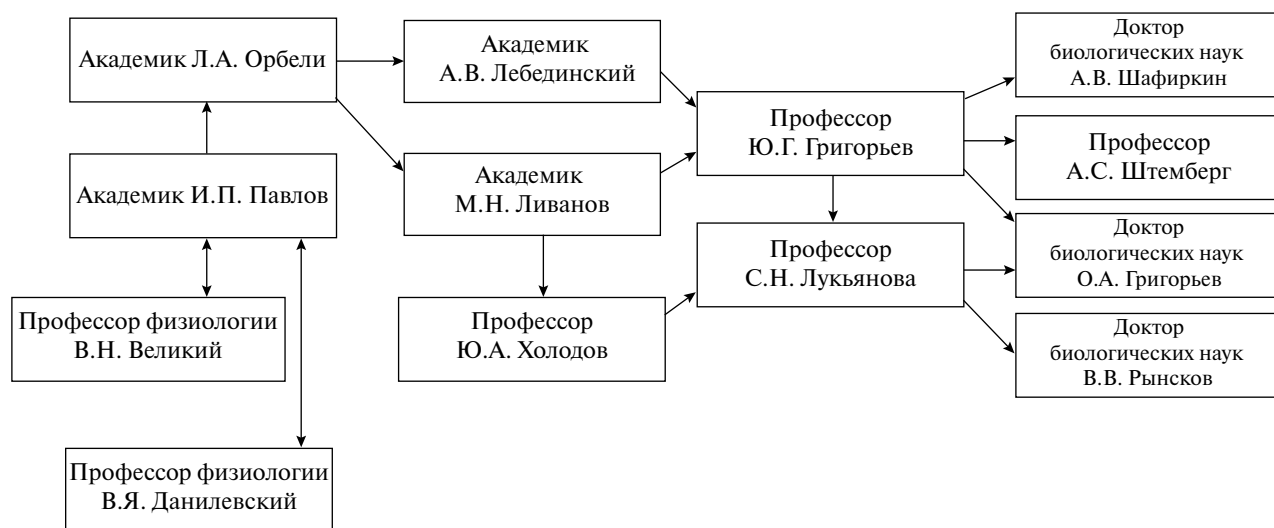
В 1960-х годах интенсивно развивали системы связи, радио- и телевидения, технологического применения электромагнетизма. Это сформировало потребность в регламентации ЭМП для населения и работающих, не связанных с эксплуатацией источников ЭМП, дало развитие исследованиям в интересах коммунальной гигиены, подтверждение надежности ПДУ для работающих [49, 50, 52].

На основании многолетних клинических наблюдений предложена новая единица — “радиоволновая болезнь”, клиническую картину которой определяют изменения функционального состояния нервной и сердечно-сосудистой систем [53]. Возникновение этой болезни связали с длительным нахождением в условиях облучения СВЧ с интенсивностью от десятков мкВт/см<sup>2</sup> до единиц мВт/см<sup>2</sup>.

Гигиеническая характеристика условий облучения стала основной как для планирования эксперимента, так и для клинко-эпидемиологии. Дозиметрия обеспечивалась созданной во Всесоюзном научно-исследовательском институте физико-технических и радиотехнических измерений в 1960–1969-х годах единой системой метрологического сопровождения измерений напряженности электрического и магнитного полей, плотности потока электромагнитной энергии, включая систему производства средств измерения и их метрологического обеспечения, калибровки антенн и поверки средств измерений, первичные и рабочие эталоны [54]. Это позволяет говорить о высокой достоверности данных об условиях облучения в гигиенических и экспериментальных исследованиях.

Научно-координационные советы и проблемные комиссии АН СССР и АМН СССР обеспечивали плановость исследований и методическое руководство работ, проводимых в различных лабораториях страны по тематике. Первое методическое руководство “Принципы исследований биологического действия радиоволн” (1974), которое стандартизировало общие принципы организации исследований для лабораторий страны, было издано по результатам обсуждения на всесоюзном симпозиуме “Принципы и критерии оценки биологического действия радиоволн”, состоявшегося в ВМА им. С.М. Кирова в мае 1973 г. [55].

С 1978 г. научная координация фундаментальных вопросов действия электромагнитного фактора на биологические объекты и совершенствование научной основы нормирования



**Рис. 2.** Генеалогическая ветвь научной школы исследователей биомедицинских эффектов электромагнетизма через Институт биофизики Минздрава СССР.

**Fig. 2.** Genealogical branch of the scientific school of researchers of the biomedical effects of electromagnetism through the Institute of Biophysics of the USSR Ministry of Health.

воздействия фактора на человека и биообъекты поручена Объединенной секции электромагнитобиологии в рамках Научных советов АН СССР по проблемам биологической физики и радиационной биологии. Координационный план “Физическая среда” стал основой для государственного финансирования большей части исследований. В 1983 г. в рамках Объединенной секции были определены очередные задачи исследований – фактически на последний плановый период. В том числе исследование механизмов действия на разных уровнях биологической интеграции; оценка значимости наблюдаемых изменений и отнесение их к реакциям восприятия или адаптивно-компенсаторным и патологическим реакциям с анализом продолжительности сохранения наступивших изменений; поиск общих закономерностей эффекта от физических параметров ЭМП; определение пороговых параметров ЭМП для биологических реакций различной значимости; исследование физических полей биообъектов.

К концу 1980-х годов основные исследования в области биомедицинских эффектов электромагнетизма, радиобиологии и гигиены неионизирующих излучений проводились скоординированно в научных учреждениях СССР, в которых были созданы специальные научные подразделения (лаборатории, отделы): Институт биофизики Минздрава СССР, Военно-медицинская академия и Институт авиационной и космической

медицины МО СССР, Киевский институт коммунальной гигиены им. Марзеева, Харьковский НИИ гигиены труда и профзаболеваний Минздрава УССР, Ленинградский НИИ гигиены труда и профзаболеваний Минздрава РСФСР, НИИ гигиены труда и профзаболеваний АМН СССР, Томский университет, Институт медицинской радиологии АМН СССР, Институт биофизики и Институт медико-биологических проблем АН СССР [43, 56].

Несмотря на стремление к координации в области электромагнитобиологии, радиобиологии и гигиены неионизирующих излучений, в 1970–1980-х годах медико-гигиеническое и биологическое направления исследований биоэффектов электромагнетизма развивались не совместно [57, 58]. По распоряжению Совета Министров СССР был разработан и в 1984 г. утвержден Совмином на период до 2004 года. “План-график научно-исследовательских работ, направленных на разработку гигиенических и технических мероприятий, связанных с размещением передающих радиотелевизионных и радиолокационных станций” [43]. Была поставлена задача обеспечить баланс научно обоснованных санитарно-эпидемиологических требований к условиям контакта населения страны с источниками ЭМП и тенденциями промышленно-технологического развития. “Гигиенисты” находились перед необходимостью обоснования конкретных значений ПДУ в условиях ограниченного времени,



обусловленного планами развития промышленности и связи [57, 58]. Решающее значение имело математическое и экспериментальное моделирование эксперимента, разработка методов математического прогноза в определении ПДУ на основе ограниченных экспериментальных данных [59, 60]. Нерешенную проблему механизма обошли, рассматривая в эксперименте организм как “черный ящик”, определяя методологию как кибернетический подход [43, 61, 63, 64]. Исходили из того, что влияние ЭМП проявляется на субклеточном, клеточном уровне, на уровне органов и систем, на уровне организма в целом, при повышении сложности организма возрастает чувствительность к электромагнитной энергии. Академик М.Г. Шандала обосновал понятие об оптимуме ЭМП обстановки – избыточные значения ЭМП и искусственная изоляция от природного комплекса факторов электромагнетизма действуют неблагоприятно на организм [58, 62]. По его мнению, точно определить значение последствий воздействия ЭМП на организм весьма трудно, часто из-за сложностей взаимодействия между электромагнитной энергией и здоровьем человека, недостатка знаний о факторе и механизмах его действия.

Во второй половине 1980-х гг. комплекс результатов исследований биомедицинских эффектов электромагнетизма был реализован в системе санитарного нормирования источников электромагнитного поля для населения и работающих, который охватывал все известные к тому времени принципы генерации: от электростатики и постоянного магнитного поля до модулированных радиочастот, создав наиболее совершенную в мире систему управления электромагнетизмом как фактором окружающей среды [43, 56, 62, 64, 65].

В период социально-экономической турбулентности 1990-х гг. для сохранения научного наследия практически столетних результатов исследований биоэффектов электромагнетизма в России трудно переоценить значение Научного совета РАН по радиобиологии и непосредственно заместителя Председателя Совета профессора Ю.Г. Григорьева, приложившего личные колоссальные усилия для координации исследований и консолидации ученых в условиях отсутствия финансирования. После 1995 г. под эгидой Научного совета РАН по радиобиологии проведена серия конференций по радиобиологии и гигиене неионизирующих излучений, в том числе совместно со Всемирной организацией

здравоохранения и с Российским национальным комитетом по защите от неионизирующих излучений [65]. Конференции позволили организовать обмен научными данными, наметить цели и задачи исследований, отвечающие принципиальному изменению условий контакта населения и работающих с источниками электромагнитного поля, обусловленными технологической революцией компьютеризации и беспроводной передачи данных.

В 1990-х гг. базовый комплекс санитарных норм адаптирован к условиям новых источников (компьютеры, сотовая связь) [43, 56, 62]. Развитая теория, которая позволяет прогнозировать биоэффекты и их медицинские последствия для большинства условий облучения. Важным является ряд обобщений, выполненных коллегами в эти годы, в том числе развивающих проблематику “дозного” подхода, являющегося основным в радиобиологии ионизирующих излучений, но проблемным для радиобиологии неионизирующих излучений.

Данные радиобиологических исследований, в которых использовали сложные режимы облучения, позволяют считать, что ЭМП СВЧ со средними значениями ППЭ  $\leq 500$  мкВт/см<sup>2</sup> (в непрерывном режиме или в импульсе) необходимо рассматривать как раздражитель центральной нервной системы. Поэтому справедливо применять законы физиологии о биологической силе, адаптационном ответе и путях усиления биологической значимости слабого раздражителя [67, 68].

Обобщение экспериментальных данных о количественных показателях микроволнового поражения показало особенность реакции ЦНС на импульсное СВЧ-излучение при оценке по порогам равнозначных биологических реакций (например, скорость угасания условных рефлексов, скорость формирования реакции избегания и т.д.): импульсное облучение биологически в 25–100 раз более эффективно по сравнению с непрерывным облучением по оценке средней мощности в импульсе. Была доказана экспериментально и по эпидемиологическим данным и обратная зависимость: при равной суммарной мощности облучения воздействие импульсом приводит к более тяжелым биологическим и клиническим последствиям по сравнению с непрерывным облучением [69].

После 2000-х годов сотовая связь стала массовым продуктом, и электромагнитный фактор

превратился в популяционно значимый. На основе фундаментальных представлений о медико-биологических эффектах электромагнетизма, исходя из принципиальных изменений условий облучения населения и недостаточности научных данных о последствиях облучения головного мозга в неконтролируемых условиях во всех группах населения, включая детей, в период 2000–2008 гг. были обоснованы прогнозы возможного роста заболеваемости в связи с облучением ЭМП сотовой связи. Это злокачественные новообразования (в том числе опухоли в головном мозге, в том числе в слуховом нерве), болезни и функциональные расстройства нервной системы, включая провокацию эпилептической готовности, заболевания, связанные с нарушением иммунного статуса [43].

По современным данным Росстат фиксируют рост заболеваемости за 25 лет по прогнозным группам болезней в популяции подростков 15–17 лет (злокачественные опухоли, болезни нервной системы, нарушение иммунного статуса, болезни органа слуха и зрения). Данные фундаментальных исследований, а также оценка возможного вклада электромагнитного поля сотовой связи в рост заболеваемости, выполненная на основе методологии IARC, показывает, что обусловленность роста заболеваемости влиянием электромагнитного поля скорее достоверно существует, чем является случайным совпадением. Однако непосредственное определение риска затруднено в связи с неопределенностью данных дозиметрии, отсутствием современных групп сравнения и неразработанностью концепции приемлемого риска для массовой технологии сотовой связи [70].

Вопрос обусловленности прироста заболеваемости воздействием облучения электромагнитным полем оборудования сотовой связи является ключевым. Одновременное облучение ЭМП разных стандартов связи ведет к разным индивидуальным способам организации облучения, что значимо для биоэффекта и последующей их кумуляции при повторном действии; возможно, это указывает на путь к компенсаторным реакциям и к развитию заболеваний. Для новых условий облучения у нас практически не существует дозиметрии как для ближней, так и дальней зоны. Требуется национальное программное обеспечение расчетного прогнозирования падающей и поглощенной электромагнитной энергии, в том числе необходим национальный

цифровой “электромагнитный” фантом (детский и взрослый).

Международное агентство по раку (IARC) присвоило канцерогенный класс 2В для электромагнитного поля радиочастот в 2011 г., в 2019 г. внесло фактор в список наивысших приоритетов для пересмотра канцер-классификации с учетом новых данных, а в марте 2024 г. это решение подтверждено. Впервые механизм “окислительного стресса” признан основным для увеличения вероятности новообразований [71, 72]. В нашей стране нет собственных данных по теме “ЭМП радиочастот и новообразования”, учитываемых IARC, хотя уже известное количество учтенных опухолей в детском контингенте позволяет провести анализ “случай–контроль”.

В связи с развитием стандартов связи 4–6-х поколений наиболее важно следующее: оценка действия на поверхностные ткани; возможность локальных повреждений мозга в связи с реализацией механизма поглощения “мощного импульсного микроволнового излучения в микросекундном диапазоне длительности импульса”; влияние импульсных сигналов на рост меланомы.

В настоящее время вопрос обусловленности прироста заболеваемости облучением ЭМП сотовой связи является ключевым. Однако непосредственное определение риска затруднено в связи с неопределенностью данных дозиметрии и неразработанностью концепции приемлемого риска для массовой технологии сотовой связи. Учитывая глубину проработки принципов нормирования электромагнитного поля и достаточные коэффициенты гигиенического запаса, следует предполагать, что проблема роста заболеваемости, обусловленной современной электромагнитной обстановкой в России, связана не с нормами, а с недостатками системы контроля за источниками и их распространением, в том числе из стран, придерживающихся “теплового” принципа ограничения электромагнитного поля.

Работы и труды отечественных ученых в монографиях, ключевых статьях и диссертациях на соискание степени доктора наук составили основной корпус знаний на русском языке о биологическом действии электромагнетизма, радиобиологии и гигиене неионизирующих излучений.

В первую половину истории исследований важнейший вклад внесли доктора наук Данилевский В.Я., Костин С.И., Абрикосов И.А., Глезер Д.Я., Голышева К.П., Ижевский П.И., Кеворкьян А.А., Купалов П.С., Лазарев П.П.,

Лебединский А.В., Лившиц Н.Н., Лихтерман Б.В., Малов Н.Н., Обросов А.Н., Рожанский Д.А., Славский Г.М., Спасский Н.С., Супоницкая Ф.М., Слуцкий А.А., Тарханов И.Р., Татаринцов В.В., Френкель Г.Л.

Вторая половина истории исследований характеризуется сформировавшейся системой организации исследований и подготовки научных кадров по электромагнитобиологии, радиобиологии и гигиене неионизирующих излучений, что позволяет выделить три группы докторов биологических и медицинских наук:

1) прошедшие полный курс специализации с защитой кандидатской и докторской диссертации по “электромагнитной” тематике: Гордон З.В., Григорьев О.А., Думанский Ю.Д., Евтушенко Г.И., Иванов Д.С., Исмаилов Э.Ш., Лось И.П., Лукьянова С.Н., Лысина Г.Г., Меркулова Л.М., Никитина В.Н., Перов С.Ю., Плеханов Г.Ф., Подковкин В.Г., Походзей Л.В., Рынсков В.В., Сердюк А.М., Тихончук В.С., Томашевская Л.А., Холодов Ю.А., Чиженкова Р.А.;

2) защитившие докторскую диссертацию по “электромагнитной” тематике, но имевшие первичную специализацию (кандидатскую диссертацию) по другой тематике: Алексеев С.И., Барышев М.Г., Виноградов Г.И., Воронцова З.А., Гавриш Н.Н., Денисова Т.В., Жаворонков Л.П., Журавлев В.А., Залюбовская Н.П., Каляда Т.В., Лебедева Н.Н., Лобкаева Е.П., Лысков Е.Б., Малиновская С.Л., Никогосян С.В., Обухан Е.И., Перов Ю.Ф., Пряхин Е.А., Рубцова Н.Б., Сарапульцева Е.И., Садчикова М.Н., Суббота А.Г., Толгская М.С., Тягин Н.В., Черенков Д.А., Чухловин Б.А., Цимбал А.А., Яковлева М.И.;

3) получившие научную специализацию по не-электромагнитной тематике и обратившиеся к теме, будучи зрелыми учеными, что позволило им внести важный вклад в научное направление в виде монографий и принципиально значимых научных статей: Акоев И.Г., Антипов А.А., Григорьев Ю.Г., Давыдов Б.И., Дубров А.П., Кудряшов Ю.Б., Леднев В.В., Ломов О.П., Осипов Ю.А., Пальцев Ю.П., Петин В.Г., Петров И.Р., Савин Б.М., Судаков К.В., Ушаков И.Б., Фесенко Е.Е., Шандала М.Г., Шафиркин А.В., Штемберг А.С.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Настоящий обзор истории исследований электромагнитобиологии, радиобиологии и гигиены неионизирующих излучений в России

нельзя считать полным и завершенным – велик материал, накопленный более чем за век. Не включены вопросы прикладных работ, которых касались исследователи биоэффектов электромагнетизма на протяжении этого времени: физиотерапии и клинической диагностики, сельского хозяйства, в том числе борьбы с вредителями и стимулированием роста растений; вопросы влияния на экологические системы, митогенетическое излучение и собственные электромагнитные поля организмов, влияние солнечно-земной электромагнитной связи, проблемы электромагнитной коммуникации в природе и вопрос влияния антропогенного электромагнитного загрязнения на глобальный природный фон.

В развитии научной мысли очевидна преемственность: анализ публикаций показывает, что многие принципиальные положения о биоэффектах электромагнетизма, их медицинских и экологических последствиях были сформулированы до 1960-х годов, а затем подтвержались в экспериментах, дополнялись и уточнялись в различных условиях облучения во всех диапазонах частот от постоянного электромагнитного поля до КВЧ и модулированного ЭМП. Фундаментальные результаты плановых исследований, давшие возможность прогнозировать эффекты, и встроены в систему радиобиологии и гигиены позволили сформировать научную теорию и методологию нормирования электромагнитного поля в 1970–1980-х годах. Преемственность знаний составляет основную характеристику, позволяющую говорить о непрерывном и последовательном развитии научной школы в электромагнитобиологии, радиобиологии и гигиены неионизирующих излучений от первых исследователей в Российской империи до наших современников – ученых Российской Федерации за прошедшие 130 лет.

На наш взгляд, обсуждая проблемы биоэффектов ЭМП, необходимо учесть, что никогда не прекращалась дискуссия о природе электромагнетизма, его физической основе, о существовании “эфира” или эквивалентного физического понятия. Относительность представлений о природе электромагнитного фактора допускает относительность знания о его взаимодействии с живыми объектами, тем более что знание о живом тоже нельзя считать полным.

Научная школа исследований биомедицинских эффектов электромагнетизма не прерывается в Российской империи, Советском Союзе

и Российской Федерации уже 130 лет и имеет глубокие корни в национальной науке. Число отдельных публикаций по тематике радиобиологии и гигиены неионизирующих излучений на русском языке давно превысило 10 000 единиц и сегодня еще большую актуальность приобретают слова профессора Б.И. Давыдова: “требуется периодическая систематизация накопленного материала, установление единой терминологии, стандартизации методов исследований и анализа полученных данных”.

## ФИНАНСИРОВАНИЕ

Работа не имела целевого финансирования.

## КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией статьи.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Физический энциклопедический словарь. Гл. ред. А.М. Прохоров. Ред. кол. Д.М. Алексеев, А.М. Бонч-Бруевич, А.С. Боровик-Романов и др. М.: Сов. энциклопедия, 1984. 944 с. [Physical encyclopedia. Chief ed. A.M. Prokhorov. Ed. count D.M. Alekseev, A.M. Bonch-Bruevich, A.S. Borovik-Romanov and others. Moscow: Sov. encyclopedia, 1984. 944 p. (in Russ.)]
2. Данилевский В.Я. Новый электро-индуктивный способ раздражения нервов. *Вестник медицины*. 1896. № 24. С. 457–458. [Danilevskii V.Ya. New electro-inductive method of nerve stimulation. *Vestnik meditsiny*. 1896. №. 24. P. 457–458 (in Russ.)]
3. Костин С.И. О физиологическом действии электричества на расстоянии: Ист.-крит. обзор лит. вопроса. [Соч.] Д-ра С.И. Костина. [Харьков]. Санкт-Петербург: К.Л. Риккер, 1899. 20 с. [Kostin S.I. On the physiological effect of electricity at a distance: Ist.-crit. review of the issue. [Op.] Dr. S.I. Kostina. [Kharkiv]. St. Petersburg: K.L. Ricker, 1899. 20 p. (in Russ.)]
4. Данилевский В.Я. Исследования над физиологическим действием электричества на расстоянии: Т. 1. Электрическое раздражение нервов. Харьков: Паровая тип. и лит. М.Ф. Зильберберг, 1900. 280 с. [Danilevskii V.Ya. Research on the physiological effect of electricity at a distance: V. 1. Electrical irritation of nerves. Kharkov: Steam typography by Zilberberg, 1900. 280 p. (in Russ.)]
5. Алексеева В.А. С.И.Костин и становление исследований биологических эффектов электромагнитного поля в Российской империи. *Вопросы истории естествознания и техники*. 2019;681–683. [Alekseeva V.A. S.I.Kostin and the formation of research into the biological effects of the electromagnetic field in the Russian Empire. *Voprosy istorii estestvoznaniya i tekhniki*. 2019; P. 681–683. (in Russ.)]
6. Алексеева В.А., Зубарев Ю.Б., Григорьев О.А. Изобретатель радио А.С. Попов и первые исследователи биологических эффектов электромагнитного поля в Российской Империи. *История науки и техники*. 2020(11):10–18. [Alekseeva V.A., Zubarev Yu.B., Grigor'ev O.A. Radio inventor A.S. Popov and the first researchers of the biological effects of the electromagnetic field in the Russian Empire. *Istoriya nauki i tekhniki*. 2020(11):10–18. (in Russ.)]
7. Алексеева В.А., Григорьев О.А., Меньшиков В.Ф. Начальный период исследований биоэффектов электромагнитного поля в России и вклад томской научной школы. *Известия высших учебных заведений. ФИЗИКА*. 2015;58(10/3): 175–178. [Alekseeva V.A., Grigor'ev O.A., Men'shchikov V.F. The initial period of research into the bioeffects of the electromagnetic field in Russia and the contribution of the Tomsk scientific school. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. FIZIKA*. 2015; 58(10/3):175–178. (in Russ.)]
8. Тарханов И.М. Электрические действия круковой трубки в качестве возбудителя животных тканей на расстоянии. *Больничная Газета С.П.Боткина*. 1897. № 13. С. 466. [Tarkhanov I.M. Electrical actions of the Crookes tube as an irritant of animal tissues at a distance. *Bol'nichnaya Gazeta S.P.Botkina*. 1897. №. 13. P. 466. (in Russ.)]
9. Ливанов М.Н., Цыпин А.Б., Григорьев Ю.Г. и др. К вопросу о действии электромагнитного поля на электрическую активность коры головного мозга кролика. *Бюлл. эксперим. биол. и мед.* 1960(5): 63–67. [Livanov M.N., Tsypin A.B., Grigor'ev Yu.G. and others. On the issue of the effect of the electromagnetic field on the electrical activity of the cerebral cortex of rabbit. *Byulleten' eksperimental'noi biologii i meditsiny*. 1960(5): 3–67. (in Russ.)]
10. Ухтомский А.А. 15 лет советской физиологии. Ленинград; Москва: ОГИЗ-Медгиз, 1933. 97 с. [Ukhtomskii A.A. 15 years of Soviet physiology. Leningrad; Moscow: OGIz-Medgiz, 1933. 97 p. (in Russ.)]
11. Протокол планового совещания. “О тематике работ медицинских научно-исследовательских институтов по изучению УКВ”. В кн.: Ультракороткие волны в медицине и биологии. (Труды Первой конференции Украинского института экспериментальной медицины по ультракоротким волнам). Под ред. проф. Я.И. Лифшица, проф. А.А. Слуцкина и др. Харьков: Гос. мед. изд-во УССР, 1935. С. 245–250. [The protocol of the planned meeting. “About the research topics of medical institutes on the study of VHF.” In the book: Ultrashort waves in medicine and biology. Proceedings of the First Conference on ultrashort waves of the

- Ukrainian Institute of Experimental Medicine). Ed. prof. Ya.I. Lifshitz, prof. A.A. Slutskina and others. Kharkov: State. Med. Publishing House of the Ukrainian SSR, 1935. P. 245–250. (in Russ.)]
12. Емец Б.Г. Биофизика электромагнитных волн на радиофизическом факультете. *Вісник Харківського державного університету*. 2015. №03 С. 91–105. [Электронный ресурс]. URL: [http://rbecs.karazin.ua/wp-content/uploads/2015/03/Research\\_biophysics\\_Emets.pdf](http://rbecs.karazin.ua/wp-content/uploads/2015/03/Research_biophysics_Emets.pdf) [Emets B.G. Biophysics of electromagnetic waves at the Faculty of Radiophysics. *Bulletin of Kharkiv State University*. 2015. No. 03 P. 91–105. [Electronic resource]. URL: [http://rbecs.karazin.ua/wp-content/uploads/2015/03/Research\\_biophysics\\_Emets.pdf](http://rbecs.karazin.ua/wp-content/uploads/2015/03/Research_biophysics_Emets.pdf) (in Russ.)]
  13. Ультракоткие волны в медицине и биологии (Труды Первой конференции Украинского института экспериментальной медицины по ультракотким волнам). Под ред. проф. Я.И. Лифшица, проф. А.А. Слущкина и др. Харьков: Гос. мед. изд-во УССР, 1935. 250 с. [Ultrashort waves in medicine and biology (Proceedings of the First Conference on ultrashort waves of the Ukrainian Institute of Experimental Medicine). Ed. prof. Ya.I. Lifshitz, prof. A.A. Slutskina and others. Kharkov: State. Med. Publishing House of the Ukrainian SSR, 1935. 250 p. (in Russ.)]
  14. Крылов Н. Итоги III всесоюзного съезда физиотерапевтов. *Фронт науки и техники*. 1936(3): 85–88. [Krylov N. Results of the III All-Union Congress of Physiotherapists. *Front nauki i tekhniki*. 1936(3): 85–88. (in Russ.)]
  15. Труды Третьего Всесоюзного съезда физиотерапевтов. Харьков 19–24 декабря 1935 года / Отв. ред. засл. деятель науки проф. С.А. Бруштейн; Всес. ассоциация физиотерапевтов. Киев, 1937 [Proceedings of the Third All-Union Congress of Physiotherapists. Kharkov December 19–24, 1935 / Rep. ed. Honored Scientist Prof. S.A. Brustein; All Association of Physiotherapists. Kyiv, 1937. (in Russ.)]
  16. Лебединский А.В., Мозжухин А.С. Очерки истории кафедры физиологии военно-медицинской академии. Л.: Картфабрика ВМФ, 1971. 168 с. [Lebedinskii A.V., Mozzhukhin A.S. Essays on the history of the Department of Physiology of the Military Medical Academy. L.: Navy Card Factory, 1971. 168 p. (in Russ.)]
  17. Орбели Л.А. Основные проблемы физиологии животных и человека во вторую пятилетку. *Физиол. журн. СССР*. 1933;16(2): 255–272. [Orbeli L.A. The main problems of animal and human physiology in the second five-year plan. *Fiziologicheskii zhurnal USSR*. 1933;16(2): 255–272. (in Russ.)]
  18. Лебединский А.В. Влияние ультракотких электрических волн на животный организм. *Природа*. 1933;5–6;79–85. [Lebedinskii A.V. The influence of ultrashort electrical waves on the animal organism. *Priroda*. 1933;5–6;79–85. (in Russ.)]
  19. Лебединский А.В., Загоруйко Л.Т. Влияние облучения на спинномозговые рефлексy. *Физиол. журн. СССР*. 1933;16(3):472–479. [Lebedinskii A.V., Zagorul'ko L.T. Effect of irradiation on spinal reflexes. *Fiziologicheskii zhurnal USSR*. 1933;16(3):472–479. (in Russ.)]
  20. Лебединский А.В. О физиологическом механизме действия УВЧ на организм животных и человека. Матер. Ленингр. конфер. по УВЧ Л.: Изд-во ВМА и ВИЭМ, 1937. С. 45–54. [Lebedinskii A.V. On the physiological mechanism of UHF action on the body of animals and humans. Proceedings of Leningr. conference on UHF. Leningrad: Ed. VMA and VIEM, 1937. P. 45–54. (in Russ.)]
  21. Лебединский А.В. О физиологических изменениях в организме под влиянием токов ультравысокой частоты (УВЧ). Тр. 1-го Всесоюз. совещ. врачей биологов и физиологов по вопросам применения коротких и ультракотких волн в медицине. М.–Л.: Медгиз, 1940. С. 121–129. [Lebedinskii A.V. On physiological changes in the organism under the influence of ultra-high frequency (UHF) currents. Proceedings 1th All-Union meeting doctors, biologists and physiologists on the use of short and ultrashort waves in medicine. Moscow–Leningrad: Medgiz, 1940. P. 121–129. (in Russ.)]
  22. Тонких А.В. Влияние УВЧ на основной обмен. Тр. Военно-мед. акад. Л.: Изд-во ВМА, 1941. 34. С. 13–18. [Tonkikh A.V. The influence of UHF on basal metabolism. Tr. Military medical acad. Leningrad: Ed. VMA, 1941. 34. P. 13–18. (in Russ.)]
  23. Глезер Д.Я. О механизме действия УВЧ на биологический объект. Мат. Ленингр. конф. по УВЧ (ультракоткие волны). Л.: Изд-во Военно-мед. акад. РКК им. С.М. Кирова и Всесоюзн. ин-та эксперим. медицины, 1937. С. 5–18. [Glezer D.Ya. On the mechanism of action of UHF on a biological object. Proc. of Leningrad conference on UHF (ultra-short waves). Leningrad: Military Medical Publishing House. acad. RKK im. SM. Kirov and All-Union. Institute of Experimental Medicine, 1937. P. 5–18. (in Russ.)]
  24. Глезер Д.Я. О механизме биологического действия УВЧ. Тр. 1-го Всесоюз. Совещ. врачей-биологов и физиков по вопросам применения коротких и ультра коротких волн в медицине. М.–Л.: Медгиз, 1940. С. 44–55. [Glezer D.Ya. On the mechanism of biological action of UHF. Proceedings 1st All-Union meeting of doctors, biologists and physiologists on the use of short and ultrashort waves in medicine. Moscow–Leningrad: Medgiz, 1940. С. 44–55. (in Russ.)]
  25. Глезер Д.Я. Ультракоткие волны и их действие на органы кровообращения. *Изв. Научн. инст. им. Лесгафта*. 1940;22:1–146. [Glezer D.Ya. Ultrashort waves and their effect on the circulatory organs. *Izvestiya Leningradskogo nauchnogo instituta imeni P.F.Lesgafta*. 1940;22:1–146. (in Russ.)]

26. Тонких А.В. Влияние УВЧ на основной обмен. Тр. 1-го Всесоюз. совещ. врачей, биологов и физиков по вопросам применения коротких и ультракоротких волн в медицине. М.—Л.: Медгиз, 1940. С. 67—73. [Tonkikh A.V. The influence of UHF on basal metabolism. Tr. 1st All. meeting of doctors, biologists and physicists on the use of short and ultrashort waves in medicine. Moscow—Leningrad: Medgiz, 1940. P. 67—73. (in Russ.)]
27. Лившиц Н.Н. Об индивидуальной чувствительности к УВЧ. Тр. Физиол. ин-та им. Павлова. М.—Л.: Изд-во АН СССР, 1947, 2. С. 64—76. [Livshits N.N. On individual sensitivity to UHF. Tr. Physiol. inst. them. Pavlova. Moscow—Leningrad: Ed. AN SSSR, 1947, 2. P. 64—76. (in Russ.)]
28. Лебединский А.В., Моззухин А.С. К вопросу о происхождении биоэлектрических явлений. Тр. Военно-мед. акад. Л.: Изд-во ВМА, 1950; 45. С. 5—18. [Lebedinskii A.V., Mozhukhin A.S. On the issue of the origin of bioelectric phenomena. Tr. Military medical acad. Leningrad: Ed. VMA, 1950; 45. P. 5—18. (in Russ.)]
29. Френкель Г.Л. Пути развития изучения биодействия УВЧ (УКВ) и наши работы в этом направлении. Бюлл. ВИЭМ. № 2, 28, Л., 1936. [Frenkel' G.L. Ways to develop the study of the bioaction of UHF (UHF) and our researches. Bulletin VIEM. №. 2, 28. Leningrad, 1936. (in Russ.)]
30. Биологическое действие ультравысокой частоты (ультракоротких волн). Под ред. П.С. Купалова и Г.Л. Френкеля. М.: Изд-во ВИЭМ, 1937. 472 с. [Biological effect of ultra-high frequency (ultra-short waves). Ed. P.S.Kupalov and G.L. Frenkel. Moscow: VIEM, 1937. 472 p. (in Russ.)]
31. Вопросы метрики и дозиметрии ультравысокой частоты (ультракоротких волн) в биологии и медицине. Под общей ред. В.В. Татаринова, Г.Л. Френкеля. М.: Изд-во ВИЭМ, 1937. 96 с. [Issues of metrics and dosimetry of ultra-high frequency (ultra-short waves) in biology and medicine. Under the edit. V.V. Tatarinov, G.L. Frenkel. Moscow: VIEM, 1937. 96 p. (in Russ.)]
32. Лихтерман Б.В. Влияние работы у высокочастотных установок на обслуживающий персонал. Бюл. Сеченовского ин-та. 1933. С. 8—10, 421—455. [Likhterman B.V. The influence of work at high-frequency installations on maintenance personnel. Bull. Sech. Int. 1933. P. 8—10, 421—455. (in Russ.)]
33. Андрияшева Н.М. О профвредности УВЧ и защитных мероприятиях. В сб. Биологическое действие ультравысокой частоты (ультракоротких волн). Под ред. П.С. Купалова и Г.Л. Френкеля. М.: Изд-во ВИЭМ, 1937. С. 373—379. [Andriyasheva N.M. About the occupational hazards of UHF and protective measures. In Biological effect of ultra-high frequency (ultra-short waves). Ed. P.S. Kupalov and G.L. Frenkel, Moscow: VIEM, 1937. P. 373—379. (in Russ.)]
34. Электрическое поле ультравысокой частоты (ультракороткие волны) в биологии и экспериментальной медицине. Вып. 1—4. Всесоюз. ин-т эксперим. медицины им. А.М. Горького (Ленинград. филиал), Физ.-биол. отдел. М.—Л.: Медгиз, 1939—1940. [Electric field of ultra-high frequency (ultra-short waves) in biology and experimental medicine. V. 1—4. All-Union Institute of Experiments. medicine named after A. M. Gorky (Leningrad branch), Phys.-Biol. Department. Moscow—Leningrad: Medgiz, 1939—1940. (in Russ.)]
35. Френкель Г.Л. Электрическая лихорадка и обменные эффекты высокочастотного поля: (В свете запросов лечебной практики). Мед.-санит. упр. ВМФ. Воен.-морск. мед. акад. Ленинград: Изд-во Военно-морской мед. акад., 1945. 124 с. [Frenkel' G.L. Electric fever and metabolic effects of a high-frequency field: (In the light of the requests of medical practice). Med.-sanit. ex. Navy. Military Naval Med. Acad. Leningrad: Publ. house. Navy Med. Acad., 1945. 124 p. (in Russ.)]
36. Биологическое и лечебное действие магнитного поля и строго-периодической вибрации (экспериментальные и клинические материалы): Сб. статей. Под ред. доц. В. И. Кармилова, проф. М. Р. Могендовича и проф. А. В. Селезнева. Молотов ГИЗ, 1948. 168 с. [Biological and therapeutic effects of a magnetic field and strictly periodic vibration (experimental and clinical materials): Collection. Articles. Ed. V. I. Karmilov, M.R. Mogendovich and A. V. Seleznev. Molotov GIZ, 1948. 168 p. (in Russ.)]
37. Кржижановский Г.М. Социалистическое строительство. Сочинения. Т. 3. М.—Л.: ОНТИ, 1936. 499 с. [Krzhizhanovskii G.M. Socialist construction. Essays. V. 3. Moscow—Leningrad: ONTI, 1936. 499 p. (in Russ.)]
38. Александр Иванович Шокин. Портрет на фоне эпохи. Серия “Созидатели отечественной электроники”. Кн. 6. М.: Техносфера, 2014. 549 с. [Alexander Ivanovich Shokin. Portrait against the background of the era. Series “Creators of Domestic Electronics”. V. 6. M.: Technosphere, 2014. 549 p. (in Russ.)]
39. Борисов В.П. Мрачное очарование “лучей смерти” Н. Теслы (1930-е гг.): Цена властного вмешательства в решение научно-технической проблемы. В сб. Институт истории естествознания и техники им. С. И. Вавилова. Годичная научная конференция, 2019. Саратов: Амирит, 2019. С. 175—178. [Borisov V.P. The gloomy charm of N. Tesla's “death rays” (1930s): the price of government intervention in solving a scientific and technical problem. On Proceedings Annual scientific conference of Institute of History of Natural Science and Technology named after. S. I. Vavilova. 2019. Saratov: Amirit, 2019. P. 175—178. (in Russ.)]
40. Кеворкян А.А. Работа с ультравысокочастотными импульсными генераторами с точки зрения гигиены труда. Гигиена и санитария. 1948(4):26—30.

- [Kevork'yan A.A. Working with ultra-high-frequency pulse generators from the point of view of occupational hygiene. *Gigiena i sanitariya*. 1948(4):26–30. (in Russ.)]
41. Сосновик И.Я. Научные конференции Института гигиены труда и профзаболеваний АМН СССР. *Гигиена и санитария*. 1948(3):56–57. [Sosnovik I.Ya. Scientific conferences of the Institute of Occupational Hygiene and Occupational Diseases of the USSR Academy of Medical Sciences. *Gigiena i sanitariya*. 1948(3):56–57. (in Russ.)]
  42. Лазарев П.П., Павлов П.П. Биофизика. Сб. статей по истории биофизики в СССР. М.: Московское общество испытателей природы, 1940. С. 76. [Lazarev P.P., Pavlov P.P. Biophysics. Collection of articles on the history of biophysics in the USSR. Moscow: Moscow Society of Natural Scientists, 1940. P. 76. (in Russ.)]
  43. Григорьев Ю.Г., Григорьев О.А. Сотовая связь и здоровье: электромагнитная обстановка, радиобиологические и гигиенические проблемы, прогноз опасности. М.: Экономика, 2016. 574 с. [Grigor'ev Yu.G., Grigor'ev O.A. Cellular communications and health: electromagnetic environment, radiobiological and hygienic problems, hazard forecast. Moscow: Economics, 2016. 574 p. (in Russ.)]
  44. Григорьев О.А. Радиобиология неионизирующих излучений за 60 лет: важнейшие итоги и актуальные задачи. Актуальные проблемы радиационной биологии: Мат. конф. (Дубна, 25–27 октября 2022 г.) – Дубна.: ОИЯИ, 2022. С. 25–29. [Grigor'ev O.A. Radiobiology of non-ionizing radiation over 60 years: the most important results and current tasks. Current problems of radiation biology: Conference proceedings (Dubna, October 25–27, 2022). Dubna: JINR, 2022. P. 25–29. (in Russ.)]
  45. Холодов Ю.А., Лукьянова С.Н., Чиженкова Р.А. Электрофизиологический анализ влияния электромагнитных полей на центральную нервную систему. Современные проблемы электрофизиологии центральной нервной системы. М.: Наука, 1967. С. 273. [Kholodov Yu.A., Luk'yanova S.N., Chizhenkova R.A. Electrophysiological analysis of the influence of electromagnetic fields on the central nervous system. Modern problems of electrophysiology of the central nervous system. Moscow: Science, 1967. P. 273. (in Russ.)]
  46. Абрикосов И.А. Импульсное электрическое поле ультравысокой частоты. М.: Медгиз, 1958. 174 с. [Abrikosov I.A. Pulsed electric field of ultra-high frequency. Moscow: Medgiz, 1958. 174 p. (in Russ.)]
  47. Кричагин В.И. Практические вопросы нормирования облучений полем сверхвысокой частоты. Вопросы биологического действия СВЧ-поля. Л.: ВМА им. Кирова, 1962. С. 27–28 [Krichagin V.I. Practical issues of rationing exposure to ultrahigh frequency fields. Issues of biological action of the microwave field. Leningrad: VMA named after. Kirov, 1962. P. 27–28. (in Russ.)]
  48. Суббота А.Г. О некоторых закономерностях адаптации и кумуляции при многократных воздействиях СВЧ-энергии. Вопросы биологического действия СВЧ-поля. Л.: ВМА им. Кирова, 1962. С. 49–50. [Subbota A.G. On some patterns of adaptation and cumulation under repeated exposure to microwave. Issues of the biological action of the microwave field. Leningrad: VMA named after. Kirov, 1962. P. 49–50. (in Russ.)]
  49. Гордон З.В. Вопросы гигиены труда и биологического действия электромагнитных полей сверхвысоких частот. М.: Медицина, 1966. 162 с. [Gordon Z.V. Issues of occupational hygiene and biological effects of electromagnetic fields of ultrahigh frequencies. Moscow: Medicine, 1966. 162 p. (in Russ.)]
  50. Медико-биологические проблемы СВЧ-излучений. Сб. статей под ред. И.Р. Петрова. Л.: ВМА, 1966. [Medical and biological problems of microwave radiation. Collection of articles edited by I.R. Petrov. Leningrad: VMA, 1966. (in Russ.)]
  51. Холодов Ю. А. Влияние электромагнитных и магнитных полей на центральную нервную систему. М.: Медицина, 1966. 283 с. [Kholodov Yu. A. The influence of electromagnetic and magnetic fields on the central nervous system. Moscow: Medicine, 1966. 283 p. (in Russ.)]
  52. Думанский Ю.Д., Сердюк А.М., Лось И.П. Влияние электромагнитных полей радиочастот на человека. К.: Здоровье, 1975. 159 с. [Dumanski Yu.D., Serdyuk A.M., Los' I.P. The influence of radio frequency electromagnetic fields on humans. K.: Health, 1975. 159 p. (in Russ.)]
  53. Садчикова М.Н., Глотова К.В. Клиника, патогенез, лечение и исход радиоволновой болезни. В кн. О биологическом действии электромагнитных полей радиочастот. М., 1973. С. 43–51. [Sadchikova M.N., Glotova K.V. Clinic, pathogenesis, treatment and outcome of radio-wave disease. In the book. On the biological effect of electromagnetic fields of radio frequencies. Moscow, 1973. P. 43–51. (in Russ.)]
  54. Бузинов В.С. Эталонные измерения параметров радиочастотного электромагнитного поля. Сб. науч. тр. Под общ. ред. д. т. н., проф. С.И. Донченко. Менделеево: ФГУП “ВНИИФТРИ”, 2019. 260 с. [Buzinov V.S. Reference measurements of radio frequency electromagnetic field parameters: Collection. scientific tr.: Under general ed. Dr. Sc., Prof. S.I. Donchenko. Mendeleevo: FSUE “VNIIFTRI”, 2019. 260 p. (in Russ.)]
  55. Принципы исследований биологического действия радиоволн. Методическое пособие. Л.: Военно-медицинская академия им. Кирова, 1974. 22 с. [Principles of experimental research of the biological effects of radio-waves. L.: Military Medical Academy named after Kirov, 1974. 22 p. (in Russ.)]

56. Гигиенические проблемы неионизирующих излучений. Авт. коллектив под ред. Ю.Г. Григорьева и В.С. Степанова. Под общ ред. акад. РАМН Л.А. Ильина. Т. 4. М.: Изд-во АТ, 1999. 304 с. [Hygienic problems of non-ionizing radiation. Edited by L.A. Ilyin, Yu. G. Grigoriev and V.S. Stepanova. V. 4. M.: Publ. house. AT. 1999, 304 p. (in Russ.)]
57. Шандала М.Г. Задачи гигиенических исследований по изучению физических факторов окружающей среды в свете решений XXVI съезда КПСС. *Гигиена и санитария*. 1981; (8):4–7. [Shandala M.G. Tasks for hygienic research on the study of physical environmental factors by context of decisions of the XXVI Congress of the Communist Party of Soviet Union. *Hygiene and Sanitation*. 1981; (8):4–7. (in Russ.)]
58. Шандала М.Г. Методологические вопросы гигиенического нормирования неионизирующих электромагнитных излучений для населения. В сб. научных трудов “Биологические эффекты электромагнитных полей. Вопросы их использования и нормирования”. Пушкино, 1986, С. 135–150. [Shandala M.G. Methodological issues of hygienic limitation for non-ionizing electromagnetic radiation for the population. On paper collection book “Biological effects of electromagnetic fields. Issues of their use and regulation”. Pushchino, 1986, P. 135–150. (in Russ.)]
59. Думанский Ю.Д., Иванов Д.С., Евреинов К.Г. и др. Прогнозирование предельно допустимых уровней при гигиенической регламентации ЭМП СВЧ. *Гигиена и санитария*. 1987(12):40–42. [Dumansky Yu.D., Ivanov D.S., Evreinov K.G. et al. Prediction of maximum permissible levels for hygienic regulation of microwave EMF. *Gigiena i sanitariya*. 1987(12):40–42. (in Russ.)]
60. Иванов Д.С. Учет вероятности риска при гигиеническом нормировании ЭМП. *Гигиена и санитария*. 1989(10):73–75. [Ivanov D.S. Taking into account the probability of risk during hygienic regulation of EMF. *Gigiena i sanitariya*. 1989(10):73–75. (in Russ.)]
61. Биологическое действие, нормирование и защита от электромагнитных излучений. Б.И. Давыдов, В.С. Тихончук, В.В. Антипов. Под ред. Ю.Г. Григорьева. М.: Энергоатомиздат, 1984. 176 с. [Biological action, regulation and protection from electromagnetic radiation. B.I. Davydov, V.S. Tikhonchuk, V.V. Antipov. Ed. Yu.G. Grigoriev. M.: Energoatomizdat, 1984. 176 p. (in Russ.)]
62. Шандала М.Г. Опыт гигиенической разработки проблемы физических факторов окружающей среды. *Гигиена и санитария*. 1999(4):3–9. [Shandala M.G. Experience in hygienic development of the problem of physical environmental factors. *Gigiena i sanitariya*. 1999(4):3–9. (in Russ.)]
63. Давыдов Б.И. Электромагнитные излучения радиочастот (микроволны): принципы, критерии нормирования, “пороговые” уровни доз. *Авиакосм. медицина*. 1985(3):8–21. [Davydov B.I. Electromagnetic radiation of radio frequencies (microwaves): principles, limitation criteria, “threshold” dose levels. *Aviakosmicheskaya meditsina*. 1985(3):8–21. (in Russ.)]
64. Логвинов С.В., Зуев В.Г., Ушаков И.Б., Тютрин И.И. Очерки неионизирующей радиобиологии: структурно-функциональный анализ. Томск: Изд-во Томск. ун-та, 1984. 208 с. [Logvinov S.V., Zuev V.G., Ushakov I.B., Tyutrin I.I. Essays on non-ionizing radiobiology: structural and functional analysis. Tomsk: Publishing house Tom. University, 1984. 208 p. (in Russ.)]
65. Справочник по электромагнитной безопасности работающих и населения. Шандала М.Г., Зуев В.Г., Ушаков И.Б., Попов В.И. Воронеж: РАМН, РАМТН, 1998. 82 с. [Handbook on electromagnetic safety of workers and the population. Shandala M.G., Zuev V.G., Ushakov I.B., Popov V.I. Voronezh: RAMS, RAMTN, 1998. 82 p. (in Russ.)]
66. Алексеева В.А., Григорьев О.А., Прокофьева А.С., Гошин М.Е. История научных конференций по электромагнитной биологии, радиобиологии и гигиене неионизирующих излучений в России за прошедшие сто лет. Актуальные вопросы радиобиологии и гигиены неионизирующих излучений: сборник докладов всероссийской научной конференции, Москва, 12–13 ноября 2019 г. М.: Российский национальный комитет по защите от неионизирующих излучений, 2019. С. 178–182. [Alekseeva V.A., Grigor'ev O.A., Prokof'eva A.S., Goshin M.E. History of scientific conferences on electromagnetic biology, radiobiology and hygiene of non-ionizing radiation in Russia over the past hundred years. Proceedings All-Russian scientific conference “Current issues of radiobiology and hygiene of non-ionizing radiation”, Moscow, November 12–13, 2019. Moscow: Russian National Committee for Protection against Non-Ionizing Radiation, 2019. P. 178–182. (in Russ.)]
67. Лукьянова С.Н. Электромагнитное поле СВЧ диапазона нетепловой интенсивности как раздражитель для центральной нервной системы. М.: ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, 2015. 200 с. [Luk'yanova S.N. Electromagnetic field of the microwave range of non-thermal intensity as a stimulus for the central nervous system. Moscow: FMBC named after A.I. Burnazyan FMBA of Russia, 2015. 200 p. (in Russ.)]
68. Лукьянова С.Н., Карпикова Н.И., Григорьев О.А., Алексеева В.А. Кумуляция нейроэффектов повторных электромагнитных облучений нетепловой интенсивности. *Радиационная биология. Радиоэкология*. 2015;55(2): 169. [Luk'yanova S.N., Karpikova N.I., Grigor'ev O.A., Alekseeva V.A. Cumulation of neuroeffects of repeated electromagnetic irradiation of non-thermal intensity. *Radiatsionnaya biologiya. Radioekologiya*. 2015;55(2):169. (in Russ.)]



69. Жаворонков Л.П., Петин В.Г. Количественные критерии микроволнового поражения. М.: ГЕОС, 2018. 232 с. [Zavoronkov L.P., Petin V.G. Quantitative criteria for microwave damage. M.: GEOS, 2018. 232 p. (in Russ.)]
70. Григорьев О.А., Зубарев Ю.Б. Действие электромагнитной энергии беспроводной связи на человека: Прогнозы роста обусловленной заболеваемости, их реализация и проблемы оценки. Концепции. ЦЭМИ РАН. №1 (42), 2022. С. 4–17. <https://doi.org/10.34705/KO.2022.68.54.001>. [Grigor'ev O.A., Zubarev Yu.B. The effect of electromagnetic energy of wireless communications on humans: forecasts for the growth of conditioned morbidity, their implementation and assessment problems. Kontseptsii. TsEMI RAN. №1 (42), 2022. P. 4–17. <https://doi.org/10.34705/KO.2022.68.54.001> (in Russ.)]
71. IARC Monographs on the Identification of Carcinogenic Hazards to Humans. Report of the Advisory Group to Recommend Priorities for the IARC Monographs during 2020–2024. IARC 2019. P. 316.
72. Advisory Group recommendations on priorities for the IARC Monographs. The Lancet Oncology. Published online April 12, 2024 [https://doi.org/10.1016/S1470-2045\(24\)00208-0](https://doi.org/10.1016/S1470-2045(24)00208-0).

## Electromagnetic Field Bio-Medical Effects Researches in Russia over 130 Years: The Main Stages of the Scientific Knowledge Grows

O. A. Grigoriev<sup>1, 2, 3, \*</sup>, I. B. Ushakov<sup>2, 3, 4</sup>, V. A. Alekseeva<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ANO “National Research Centre for Safety of New Technology”, Moscow, Russia

<sup>2</sup>Scientific Consul for Radiobiology of the Russian Academy of Science

<sup>3</sup>A.I. Burnazyan Federal Medical Biophysical Center, Moscow, Russia

<sup>4</sup>Radiobiology Scientific Society of the Russian Academy of Science

\*E-mail: oa.grigoriev@gmail.com

We analyzed the key stages in the scientific history for electromagnetic field bio-medical effects researches in Russia over 130 years. Has been proven the continuity of scientific knowledge about EMF biological effects and its transmission from one generation of scientists to the next because to exist of scientific schools, the systematic research and national scientific coordination. The main attention is paid to the period of formation of planned EMF health research, when the basic methodological principles were found and so as fundamental scientific basics for understanding the nature of EMF biological effects and their influence for health. The Russian scientists fundamental conceptions about the mechanism of the electromagnetic field biological action and the principles of its hygienic regulation are summarized.

**Keywords:** electromagnetic field, biological effect, non-ionizing radiation, radiobiology, hygiene, nervous system, radio frequencies, Russia, history of science