

На правах рукописи

**КУДРЯВЦЕВ Василий Владимирович**

**НАУЧНЫЕ ШКОЛЫ В ОТЕЧЕСТВЕННОЙ РАДИОФИЗИКЕ:  
ЗАРОЖДЕНИЕ, РАЗВИТИЕ, ТВОРЧЕСКОЕ НАСЛЕДИЕ**

Специальность 07.00.10 — «История науки и техники»  
(физико-математические науки)

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени  
доктора физико-математических наук

Научный консультант:  
Визгин Владимир Павлович,  
доктор физико-математических наук

Москва

2018

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте истории естествознания и техники им. С.И. Вавилова Российской академии наук.

**Научный консультант:**

**Владимир Павлович Визгин**, доктор физико-математических наук, заведующий сектором истории физики и механики ФГБУН «Институт истории естествознания и техники им. С.И. Вавилова» (ИИЕТ РАН)

**Официальные оппоненты:**

**Вдовин Вячеслав Федорович**, доктор физико-математических наук, главный научный сотрудник ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики Российской академии наук» (ИПФ РАН)

**Чулкова Галина Меркурьевна**, доктор физико-математических наук, профессор кафедры общей и экспериментальной физики Института физики, технологии и информационных систем (ИФТИС) ФГБОУ ВО «Московский педагогический государственный университет» (МПГУ)

**Бордонский Георгий Степанович**, доктор физико-математических наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории геофизики криогенеза ФГБУН «Институт природных ресурсов, экологии и криологии Сибирского отделения Российской академии наук» (ИПРЭК СО РАН)

**Ведущая организация:**

ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского» (ННГУ)

Защита диссертации состоится 2 октября 2018 г. в 15 часов на заседании диссертационного совета Д 002.051.05 при ФГБУН Институте истории естествознания и техники им. С.И. Вавилова РАН по адресу: 125315, г. Москва, ул. Балтийская, д. 14, ком. 46. С диссертацией можно ознакомиться в Дирекции Института истории естествознания и техники им. С.И. Вавилова РАН и на сайте института <http://www.ihst.ru>.

*Отзывы в 2-х экземплярах, заверенные печатью учреждения, просим направлять ученому секретарю диссертационного совета по адресу: 125315, г. Москва, ул. Балтийская, д. 14; тел./факс: 8 (495) 988-22-80, [irina@ihst.ru](mailto:irina@ihst.ru).*

Автореферат разослан «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2018 г.

Ученый секретарь диссертационного совета  
кандидат физико-математических наук



И.О. Лютер

## 1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Представленная работа содержит результаты историко-научного исследования, посвященного деятельности научных школ в области радиофизики и их роли в зарождении и развитии этой научной дисциплины в нашей стране. Диссертационная работа выполнена в Институте истории и естествознания и техники им. С.И. Вавилова РАН в 2013–2018 гг.

**Объект исследования:** история возникновения и развития отечественной радиофизики в XX в.

**Предмет исследования:** эволюция и творческое наследие научных радиофизических школ в нашей стране в период с 1913 по 1992 гг.<sup>1</sup>

### **Актуальность темы исследования**

Радиофизика — раздел физики, в котором изучаются общие закономерности генерации, передачи, приема, регистрации и анализа колебаний и волн различной физической природы и разных частотных диапазонов, а также их применение в фундаментальных и прикладных работах<sup>2</sup>.

Радиофизические методы широко используют в таких областях науки и техники, как: астрофизика (изучение космических объектов путем анализа приходящего от них радиоизлучения); планетология (радиолокация планет и их спутников); спектроскопия атомов и атомных ядер (резонансные методы исследования, методы лазерной спектроскопии); дистанционный мониторинг поверхности Земли и акваторий Мирового океана (исследование природных сред по собственному и отраженному радиоизлучению); спутниковая связь и мобильная телефония; медицина (ЯМР-томография) и др.

Расширяя и многократно приумножая возможности человека, радиофизика обеспечивает его уверенное продвижение по пути научно-технического прогресса. Так, например, радиофизические открытия лежат в основе технических устройств (лазерные технологии, микроэлектронные устройства), определяющих жизнь современного информационного общества.

---

<sup>1</sup> Выбор указанных хронологических границ определяется началом работы (1913 г.) научной школы М.В. Шулейкина — самой ранней из рассмотренных радиофизических школ и окончанием деятельности (1992 г.) научной школы Ю.Б. Кобзарева — последней из представленных в диссертации радиофизических школ.

<sup>2</sup> Данное определение содержится в паспорте научной специальности 01.04.03 — «Радиофизика» (<http://vak.ed.gov.ru/316>).

Радиофизика является одним из стремительно развивающихся научных направлений. В этой области физики сделаны выдающиеся открытия, отмеченные Нобелевскими премиями. К ним, в частности, следует отнести:

- создание и развитие беспроводной телеграфии (К.Ф. Браун, Г. Маркони, 1909 г.);
- открытие и исследование ядерного магнитного резонанса (Ф. Блох, Э. Перселл, 1952 г.);
- исследования полупроводников и открытие транзисторного эффекта (У. Шокли, Дж. Бардин, У. Браттейн, 1956 г.);
- разработка метода апертурного синтеза и обнаружение пульсаров (М. Райл, Э. Хьюиш, 1974 г.) и др.

Отметим, что отечественные ученые внесли весомый вклад в становление и развитие радиофизической науки. Благодаря их работам, были разработаны: целостная теория нелинейных колебаний, теория автоколебаний, теория автоматического регулирования. Это позволило сформировать математический аппарат радиофизики и применить ее методы к изучению технических устройств и колебательных систем различной физической природы.

Таким образом, изучение истории радиофизики является актуальной историко-научной задачей. Учитывая специфику предмета и характерные особенности радиофизики, к ее истории следует применять комплексный подход. Одним из них может стать исследование деятельности научных школ в отечественной радиофизике. Научная школа — форма исследовательской деятельности, позволяющая объединить группу единомышленников под руководством авторитетного лидера и сконцентрировать ее усилия на решении определенной научной проблемы. При этом обеспечиваются преемственность поколений, высокий уровень теоретических и прикладных разработок, формируется определенный стиль работы участников школы, закладываются научные традиции.

Целесообразность изучения отечественных научных школ в радиофизике обусловлена рядом причин.

Во-первых, в прошлом столетии наука (в том числе радиофизика) в значительной степени стала коллективным предприятием, а научная школа оказалась одной из его наиболее эффективных форм. Научная школа особенно характерна для организации советской науки, что подтверждается фактическим

материалом по истории отечественной физики<sup>3</sup>. При этом существуют научные направления, где научные школы полностью определили их эволюцию и обеспечили успех практического использования достигнутых результатов. Наиболее характерна в этом отношении радиофизика, которая одновременно является фундаментальной наукой и основой целого ряда технических дисциплин (например, радиолокации).

Во-вторых, с помощью научно-школьного подхода<sup>4</sup> можно реконструировать развитие отечественной радиофизики в различных контекстах (измерениях): научно-содержательном, научно-организационном, научно-образовательном, личностно-психологическом, социокультурном. У историка науки появляется возможность более детально исследовать сам феномен научной школы, собрать и систематизировать историко-научный материал об ученых-радиофизиках и их научных школах, обнаружить «белые пятна» в истории радиофизической науки.

В-третьих, обращение к вопросам истории радиофизики актуально в связи с преподаванием данной науки в учреждениях среднего и высшего профессионального образования. Материалом по истории радиофизики можно удачно дополнить теоретический курс радиофизики, предоставив студентам возможность расширить свои знания в области истории этой науки, раскрыть межпредметные связи и методологические аспекты радиофизики.

Диссертационное исследование представляет собой историко-научную работу, направленную на реконструкцию этапов зарождения и развития радиофизики в русле научных школ. Для решения этой масштабной задачи необходимо, прежде всего, проанализировать предмет, методы, характерные особенности, теоретические, экспериментальные и прикладные основания радиофизики. Кроме того, для изучения деятельности радиофизических школ важно разработать параметры, по которым их можно идентифицировать и исследовать, а также предложить периодизацию исторических этапов развития радиофизики.

---

<sup>3</sup> Научное сообщество физиков СССР. 1950–1960-е и другие годы: документы, воспоминания, исследования. Вып. 2 / Сост. и ред. В.П. Визгин и А.В. Кессених. СПб.: РХГА, 2007. 752 с.

<sup>4</sup> По мнению В.П. Визгина и А.В. Кессениха, «научно-школьный подход к истории науки заключается в том, чтобы эту историю представить в основном как процесс возникновения, развития и ветвления научных школ» (Визгин В.П., Кессених А.В. Научно-школьный подход к истории отечественной физики // История науки и техники. 2016. № 1. С. 4).

Научные школы и их основополагающая роль в зарождении и развитии отечественной радиофизики, с одной стороны, и недостаточная изученность результатов их деятельности и творческого наследия, с другой стороны, определяют актуальность данного исследования.

### **Степень разработанности темы**

Анализ литературы показывает, что вопросам истории радиофизики уделено недостаточное внимание в историко-научных изданиях. Большинство публикаций по истории радиофизики посвящено либо истории развития ее определенного направления<sup>5</sup>, либо биографическим сведениям о выдающихся ученых-радиофизиках<sup>6</sup>. Для реконструкции исторических этапов развития радиофизики с учетом ее научного, технического и социокультурного аспектов необходимо использовать весь спектр имеющихся источников информации. Для удобства их можно разделить на несколько групп.

**Первую группу источников** образуют историко-научные, науковедческие и философско-методологические исследования, в которых выполнен анализ понятия «научная школа» и раскрыты особенности применения научно-школьного подхода к исследованию конкретных научных дисциплин (в том числе, физики).

Общие черты научной школы, модель «идеальной исследовательской школы», факторы, влияющие на развитие научных школ, приведены в работах Д. Прайса, Д. Крейна, Дж. Моррелла, Дж. Гейсона, Б.Ч. Гриффита, Н.Ч. Маллинза, а также в выпуске историко-научного журнала «Osiris» (под редакцией Ф.Л. Холмса и Дж. Гейсона, 1993 г.). Вопросы, связанные с изучением становления и развития научных школ, выявлением их отличительных признаков находятся в фокусе внимания отечественных историков и философов науки, науковедов: Д.Б. Аронов, О.Ю. Грезнева, В.К. Криворученко, Н.А. Куперштох, Е.З. Мирская, С.Р. Микулинский, О.А. Овчинников, М.Г. Ярошевский, Н.И. Родный, В.П. Визгин, А.В. Кессених и др.

В СССР интерес к научно-школьной проблематике возник в конце 1960-х — начале 1970-х гг. В этот период в ИИЕТ АН СССР начали проводиться работы на стыке классической истории науки и науковедения (Н.И. Родный,

---

<sup>5</sup> См., например, Родионов В.М. Зарождение радиотехники. М.: Наука, 1985. 240 с.

<sup>6</sup> См., например, Сергей Михайлович Рытов: Жизнь, воспоминания, интервью, записки, стихи, документы / Березанская В.М., Рытова Н.С., Гиппиус А.А. и др. М.: ЛЕНАНД, 2012. 552 с.

М.Г. Ярошевский, С.Р. Микулинский). Под редакцией С.Р. Микулинского и М.Г. Ярошевского, а также коллег из ГДР Г. Кребера и Х. Штайнера вышел сборник статей «Школы в науке» (1977 г.). В нем обсуждаются становление и развитие научных школ, их влияние на научно-технический прогресс, роль научных школ в воспитании молодых кадров.

В 1995 г., благодаря инициативе академиков РАН (В.Е. Фортова, В.Е. Захарова, В.П. Скулачева, А.Ф. Андреева, А.В. Гапонова-Грехова), была разработана государственная программа поддержки ведущих научных школ России. Опыт первых лет работы по данной программе был опубликован в справочнике «Ведущие научные школы России» (1998 г.).

В последнее время наблюдается всплеск интереса отечественных специалистов к изучению феномена научных школ. В 1997 г. вышел в свет специальный выпуск «Историко-математических исследований под редакцией С.С. Демидова и испанского историка математики М. Ормигона, посвященный деятельности научных школ в области математики. В докторской диссертации О.М. Мельниковой рассматриваются научные школы в археологии (2004 г.), в работе Р.А. Фандо «Формирование научных школ в отечественной генетике в 1930–1940-е гг.» (2005 г.) — институциональный, кадровый, исследовательский и философско-идеологические аспекты формирования и развития научных генетических школ. В периодических изданиях и в сети Интернет можно найти статьи, посвященные феномену научных психологических школ, научных школ в химии, географии и т. д.

Пионером в изучении научных школ в области физики стал Ю.А. Храмов. В 1979 г. был издан его препринт «Научные школы в физике», на основе которого была опубликована монография с тем же названием (1987 г.). К препринту 1979 г. была приложена схема «Эволюция первой физической школы Кундта». Фактически, она стала первым наброском развития отечественной физики как процесса возникновения и эволюции физических научных школ. В книге Ю.А. Храмова 1987 г. были описаны восемь крупнейших отечественных научных школ в физике: П.Н. Лебедева, А.Ф. Иоффе, Д.С. Рождественского, Л.И. Мандельштама, С.И. Вавилова, Л.Д. Ландау, И.Е. Тамма и И.В. Курчатова.

В 2000-х гг. интересы историков физики ИИЕТ РАН были сосредоточены на вопросах, связанных с историей развития физики в СССР в период 1950–1960-е гг., и изучением научного сообщества физиков. В 2005 г. вышел первый,

а в 2007 г. — второй выпуск сборника «Научное сообщество физиков», в котором научно-школьный подход был применен к описанию истории советской физики. В результате исследований была предложена типология физических школ, а также выделено примерно 75 школ, корни которых относятся к школам-прародительницам (П.Н. Лебедева, А.Ф. Иоффе, Д.С. Рождественского, Л.И. Мандельштама, С.И. Вавилова). Кроме того, была разработана схема эволюции физических научных школ, деятельность которых приходится на период 1950–1960-х гг.

В 2016 г. был издан сборник «Исследования по истории физики и механики. 2014–2015». В его содержание вошли результаты историко-научного анализа деятельности некоторых отечественных научных школ (С.И. Вавилова, Д.Д. Иваненко, Н.Н. Боголюбова, А.В. Шубникова, радиоастрономических коллективов и др.) в области физики. В 2016 г. вышли в свет два специальных номера журнала «История науки и техники», посвященных феномену научных школ в истории отечественной физики. В статье В.П. Визгина и А.В. Кессениха «Научно-школьный подход к истории отечественной физики» приведена карта-схема физических школ, содержащая более 50 школьных коллективов. В материалах В.В. Кудрявцева и В.А. Ильина обсуждаются научные школы в области радиотехники и радиоэлектроники, теории нелинейных колебаний, радиолокации и радиоастрономии. В других статьях этих выпусков журнала описаны история развития радиофизической школы МПГУ, Казанской научной школы магнитной радиоспектроскопии, гравитационной школы Д.Д. Иваненко, научно-инженерной школы в области радиотехники И.Г. Фреймана.

**Вторую группу источников** представляют архивные материалы РАН, содержащие автобиографии, рукописи работ и статей, описания изобретений, отзывы, рабочие материалы, письма и фотографии отечественных радиофизиков — руководителей научных школ: фонд 607 АРАН (М.В. Шулейкин), фонд 1794 АРАН (А.Л. Минц), фонд 641 АРАН (В.К. Аркадьев), фонд 1652 АРАН (Б.А. Введенский), фонд 1622 АРАН (Л.И. Мандельштам), фонд 600 АРАН (Н.Д. Папалекси), фонд 1938 АРАН (А.А. Андронов).

**Третью группу источников** составляют книги и монографии по истории развития отдельных направлений радиофизики. В качестве примеров можно привести книги: М.А. Быховского «Пионеры информационного века. История развития теории связи» (2006 г.) и «Круги памяти. Очерки истории развития радиосвязи и вещания в XX столетии» (2001 г.), В.П. Борисова «Из истории

отечественной радиоэлектроники» (2010 г.), монографию «Развитие радиоастрономии в СССР» (под редакцией Л.М. Гиндилиса, Р.Д. Дагкесаманского, А.Д. Кузьмина и др., 1988 г.).

Необходимо также отметить сборники статей, посвященные научно-техническим достижениям отечественных ученых в области радиотехники и электроники. Фрагменты о формировании и развитии направлений радиофизики приведены в материале А.Л. Минца «Радиоэлектроника (краткая история и достижения)» (1963 г.), книгах Л.А. Арцимовича «Развитие физики в СССР» (1967 г.), брошюре В.А. Лешковцева «50 лет советской физики» (1968 г.), книге Э.В. Шпольского «Очерки по истории развития советской физики. 1917–1967» (1969 г.).

**Четвертую группу источников** представляет историко-биографическая литература о жизни и научной деятельности ученых-радиотехников и радиофизиков. К их числу относятся книги, в которых содержатся научные биографии: Д.А. Рожанского (И.Д. Рожанский, М.М. Рожанская, С.Р. Филонович, 2003 г.), Л.И. Мандельштама (А.А. Печенкин, 2011 г.), И.Г. Фреймана (Л.И. Золотинкина; под ред. В.Н. Ушакова, 2015 г.), А.Л. Минца (Д.А. Тимошенко, 2015 г.) и др.

В брошюре А.С. Лонгинова и В.И. Старикова «Золотая медаль имени А.С. Попова» (1980 г.) рассмотрены биографии советских и зарубежных ученых (А.И. Берга, Б.А. Введенского, С.А. Векшинского, А.Л. Минца, С.Э. Хайкина, М. Райла и др.), внесших значительный вклад в развитие радиофизики и радиоэлектроники и награжденных за научные достижения Золотой медалью им. А.С. Попова.

В рамках серии «Выдающиеся ученые физического факультета МГУ» были изданы научно-биографические материалы о С.П. Стрелкове (2002 г.), К.Ф. Теодорчике (2003 г.), В.В. Мигулине (2006 г.), В.К. Аркадьеве (2008 г.). Значительный интерес представляет также серия «Личность в науке», которую организовали сотрудники музея радиофизического факультета ННГУ им. Н.И. Лобачевского. В разное время были опубликованы каталоги, содержащие биографические сведения, архивные материалы и описания научных результатов деятельности: М.Т. Греховой (1997 г.), А.А. Андронova (2001 г.), Г.С. Горелика (2006 г.), В.С. Троицкого (2008 г.), В.Л. Гинзбурга (2010 г.).

В 2003 г. была издана биографическая энциклопедия «Отечественная радиоэлектроника» (в двух томах), в которой приведены биографии ученых-

радиофизиков, работавших и продолжающих работать на предприятиях радиоэлектронного комплекса. В книге М.А. Быховского «Творцы российской радиотехники. Жизнь и вклад в мировую науку» (2005 г.) представлены очерки о жизни крупных отечественных ученых-радиотехников и радиофизиков (в том числе, А.И. Берга, А.Л. Минца, Б.А. Введенского, А.Д. Фортушенко, Ю.В. Гуляева). Краткие биографии отечественных ученых-радиотехников и радиофизиков приведены в справочнике Ю.А. Храмова «Физики: биографический справочник» (1983 г.), на сайте электронной библиотеки «Научное наследие России» (<http://e-heritage.ru/>), сайте «Ретро радиоэлектроника на лампах и транзисторах» (<http://radiolamp.net/>).

**Пятую группу источников** образуют периодические издания, на страницах которых можно найти историко-научные материалы о развитии радиофизики и ее направлений, важнейших радиофизических открытиях и их авторах. Отметим лишь некоторые статьи, опубликованные в ряде журналов.

- Журнал «Успехи физических наук»: Э.В. Шпольский «Пятьдесят лет советской физики» (1967 г.), Б.А. Введенский и М.И. Пономарев «Советская радиофизика за 30 лет» (1947 г.), Н.Н. Малов «Владимир Константинович Аркадьев (1884–1953)» и «Александра Андреевна Глаголева-Аркадьева (1884–1945)», изданные соответственно в 1954 и 1946 гг.; статьи Н.Д. Папалекси, В.В. Рагульского, В.В. Мигулина, А.В. Гапонова-Грехова и М.И. Рабиновича, С.М. Рытова, И.Е. Тамма, Е.Л. Фейнберга, посвященные научному творчеству и педагогической деятельности Л.И. Мандельштама; научно-биографические материалы В.В. Мигулина, С.М. Рытова, А.Е. Саломоновича о жизни и научной деятельности Н.Д. Папалекси.

- Журнал «История науки и техники» — Н.А. Арманд и А.В. Кессених «Борис Алексеевич Введенский — физик, радиоинженер, энциклопедист» (2003 г.), В.В. Кудрявцев и В.А. Ильин «История радиофизики в контексте Нобелевской премии» (2009 г.).

- Журнал «Вопросы истории естествознания и техники» — А.В. Кессених «Из истории химической радиоспектроскопии ЯМР в Советском Союзе (воспоминания, документы, материалы)» (2014 г.).

- Историко-научные и научно-биографические материалы по радиофизике содержатся также в журналах «Электросвязь: история и современность», «Известия вузов. Радиофизика», «Успехи современной

радиоэлектроники» и др.

К **шестой группе источников** по истории радиофизики относится учебная литература: учебники, учебные пособия и методические разработки. В 2011 и 2013 гг. вышли в свет два учебных пособия В.В. Кудрявцева и В.А. Ильина для высших учебных заведений: «Избранные вопросы истории радиофизики. Том I» и «Избранные вопросы истории радиофизики. Том II. Современные достижения». В них отбор историко-физического материала был выполнен на основе анализа тематики Нобелевских премий, присужденных в области радиофизики. В 2014 г. был издан учебник для магистров «История и методология физики» (авторы В.А. Ильин, В.В. Кудрявцев), в котором истории радиофизики посвящена отдельная глава. В 2017 г. было опубликовано учебное пособие «История радиофизики» тех же авторов, представляющее собой модульный курс для магистров. Несмотря на то, что приведенные пособия преследуют, прежде всего, образовательные цели, в них отражена история развития ключевых радиофизических идей и методов.

**Седьмой группой источников** являются воспоминания ученых, которые стали свидетелями или участниками ключевых событий в истории радиофизики. В качестве примера можно привести книгу «Создание отечественной радиолокации: научные труды, мемуары, воспоминания» (2007 г.). В ней приведены воспоминания коллег и сотрудников Ю.Б. Кобзарева о его работах в области радиолокации и дистанционного зондирования.

Таким образом, существуют различные источники информации по истории радиофизики. Вместе с тем, публикаций, систематизирующих материалы по научным школам в этой области, недостаточно. Учитывая высокую актуальность и низкую разработанность темы в отечественной науке, сформулируем цель и задачи данного исследования.

**Цель исследования** состоит в проведении историко-научной реконструкции процессов зарождения и развития отечественной радиофизики в русле научных школ, изучении результатов их деятельности.

**Задачи исследования:**

1. провести анализ различных дефиниций предмета радиофизики, рассмотреть сферы применения радиофизических методов, характерные особенности, теоретические, экспериментальные и прикладные основания радиофизики с учетом тенденций развития современной физики;

2. определить предмет, цели, подходы к изучению истории радиофизики,

разработать периодизацию ее этапов зарождения и развития;

3. проанализировать феномен научных школ и причины их возникновения, определить характерные признаки таких научных коллективов, а также выявить их роль в развитии отечественной физики;

4. разработать параметры научной школы в радиофизике, по которым их можно идентифицировать и исследовать;

5. собрать и систематизировать историко-научный материал, посвященный деятельности научных школ в отечественной радиофизике, предложить общую схему изложения историко-научного материала о научных школах в радиофизике;

6. описать историю формирования первых радиотехнических центров в России и эволюцию научных школ в области радиотехники, благодаря деятельности которых были созданы теоретические и практические основы для появления в 1930–1940-х гг. радиофизики как самостоятельного научного направления;

7. рассмотреть становление, развитие и результаты работы научной школы Л.И. Мандельштама — Н.Д. Папалекси, оказавшей основополагающее влияние на разработку теории нелинейных колебаний, формирование «нелинейной колебательной культуры» в нашей стране;

8. изучить деятельность некоторых научных школ, зарождение и развитие которых напрямую связано с научной школой Л.И. Мандельштама — Н.Д. Папалекси;

9. охарактеризовать вклад научных школ в развитие таких магистральных направлений радиофизических исследований как радиолокация и радиоастрономия;

10. составить схемы, отображающие жизненные циклы рассмотренных научных школ в отечественной радиофизике.

11. рассмотреть историю развития и результаты научной деятельности некоторых современных радиофизических центров, которые сформировались на основе описанных научных школ.

### **Научная новизна исследования**

В диссертации и публикациях автора впервые в историко-научной литературе проведено комплексное исследование истории зарождения и развития отечественной радиофизики в русле научных школ в период с 1913 по 1992 гг. Эта новизна конкретизируется в следующих положениях:

- проведен анализ различных дефиниций предмета радиопизики, на основе которого выбрано и обосновано наиболее общее определение этой науки, соответствующее ее современному этапу развития;
- сформулированы предмет и цели истории радиопизики, разработана периодизация ее этапов зарождения и развития;
- выявлены параметры научной школы в отечественной радиопизике, позволяющие идентифицировать и исследовать каждую научную школу в соответствии с научно-содержательным, научно-организационным, научно-образовательным, личностно-психологическим и социокультурным измерениями;
- проанализирована роль первых научно-технических центров в зарождении отечественной радиотехники;
- раскрыты внешние и внутренние факторы, оказавшие влияние на процесс становления радиопизики в нашей стране;
- описаны научные школы И.Г. Фреймана, М.В. Шулейкина, А.Л. Минца, В.К. Аркадьева и Б.А. Введенского, деятельность которых привела к возникновению радиопизики как науки;
- изучена эволюция научной школы Л.И. Мандельштама — Н.Д. Папалекси, внесшей основополагающий вклад в формирование «нелинейного мышления» и развитие радиопизики в нашей стране;
- определены результаты деятельности А.А. Андропова, Г.С. Горелика (учеников Л.И. Мандельштама — Н.Д. Папалекси), ставших руководителями собственных научных школ;
- приведены результаты работы научной школы Ю.Б. Кобзарева в области радиолокации и научной школы С.Э. Хайкина в области радиоастрономии;
- описаны современные радиопизические центры (кафедра физики колебаний МГУ, Нижегородская радиопизическая школа, Харьковская радиопизическая школа, радиопизическая школа МПГУ), которые сформировались на основе ранее функционировавших научных школах;
- составлена схема, отображающая жизненные циклы 10 основных научных школ в отечественной радиопизике;
- разработана схема, позволяющая изучить эволюцию научных школ Л.И. Мандельштама — Н.Д. Папалекси, Д.А. Рожанского и В.К. Аркадьева.

## **Теоретическая и практическая значимость работы**

Диссертационная работа восполняет пробел, существующий в истории отечественной физики, который связан с анализом и оценкой вклада научных школ в зарождение и развитие радиофизики. В исследовании рассмотрена эволюция некоторых радиофизических школ: от их истоков до трансформации в современные научные и научно-образовательные центры.

Полученные результаты могут быть использованы при дальнейшем изучении эволюции радиофизической науки, чтении курсов по радиофизике, истории и методологии физики, различных спецкурсов в высших учебных заведениях, при составлении учебных и методических пособий.

Материалы диссертационной работы использовались при составлении спецкурса «История радиофизики», который проводился на факультете физики и информационных технологий МПГУ. Данный спецкурс предназначен для студентов старших курсов, бакалавров, магистров и аспирантов физических специальностей.

**Методы исследования** включали историко-научный анализ основополагающих трудов отечественных ученых-радиофизиков — руководителей научных школ и их учеников, выявление различных факторов, повлиявших на становление и развитие радиофизической школы, обработку архивных материалов, изучение оригинальных статей, документов и комментариев к ним.

При рассмотрении каждой научной школы в радиофизике была использована схема, структуру которой образуют следующие элементы.

1. Источники литературы: обзор наиболее важных источников информации о рассматриваемой научной школе.

2. Направление радиофизики: описание раздела радиофизики, в котором работает научная школа.

3. Научная биография руководителя научной школы: рассмотрение основополагающих теоретических и практических результатов, полученных лидером научной школы.

4. Становление научной школы: внутренние и внешние факторы, оказавшие влияние на ее формирование, институциональная основа научной школы.

5. Исследовательская программа научной школы: определение магистрального направления исследований научной школы и его эволюция.

6. Стиль руководства в научной школе: педагогическая деятельность лидера научной школы, атмосфера в коллективе, влияние лекционных и семинарских занятий на становление участников научной школы.

7. Представители научной школы: список некоторых учеников с краткой характеристикой результатов их деятельности.

8. Результаты деятельности научной школы: вклад в развитие отечественной радиофизики, его оценка государством и обществом, заполнение таблицы «Параметры научной школы в отечественной радиофизике».

Для решения поставленных задач были использованы хронологический, системный, комплексный анализ источников. Используя принцип историко-научного анализа и научно-школьный подход, была выполнена реконструкция истории зарождения и развития отечественной радиофизики.

#### **Положения, выносимые на защиту:**

1. анализ различных дефиниций предмета радиофизики показывает, что эта научная дисциплина выступает своеобразным мостом между радиотехникой и физикой, обладает широкой трактовкой изучаемых явлений и характеризуется активной экспансией методов в разные разделы современной фундаментальной науки и техники. Наиболее адекватное определение предмета радиофизической науки, соответствующее ее современному этапу развития, сформулировано академиками РАН А.В. Гапоновым-Греховым и А.Г. Литваком;

2. в развитии радиофизики можно выделить шесть этапов<sup>7</sup>:

этап I. Формирование теоретических и экспериментальных предпосылок для создания теории электромагнитного поля (с 1820 по 1857 гг.);

этап II. Разработка теории электромагнитного поля (с 1857 по 1865 гг.);

этап III. Развитие теории электромагнитного поля. Открытие и исследование электромагнитных волн (с 1865 по 1895 гг.);

этап IV. Формирование и развитие искровой радиотехники, радиотехники незатухающих колебаний и вакуумной электроники (с 1895 гг. по 1930 гг.);

этап V. Формирование радиофизики как науки (с 1930 по 1940-е гг.);

---

<sup>7</sup> Первые три этапа можно отнести к предыстории радиофизики. История развития магистральных радиофизических направлений (например, радиоастрономии, радиоспектроскопии) показывает, что радиофизика после 1940-х гг. (этап VI) вышла за рамки своего первоначального предмета исследований. В связи с этим, ее историю целесообразно изучать как эволюцию ее важнейших разделов.

этап VI. Дифференциация радиофизической науки и экспансия ее методов в различные области науки и техники (с 1940-е гг. по настоящее время);

3. одним из эффективных подходов к изучению истории отечественной радиофизики является исследование деятельности научных школ. В содержании понятия научной школы можно выделить научно-содержательное, научно-организационное, научно-образовательное, личностно-психологическое, социокультурное измерения. Им можно сопоставить определенные параметры научной школы в радиофизике, по которым их следует идентифицировать и исследовать. В результате появляется возможность разработать единую схему изложения материала о научных школах в радиофизике;

4. истоки зарождения отечественной радиофизики связаны с деятельностью первых радиотехнических центров. Благодаря работам Радиотелеграфного завода Морского ведомства, «Русского общества беспроволочных телеграфов и телефонов» (РОБТиТ), Российского общества радиоинженеров (РОРИ), Нижегородской радиолaborатории (НРЛ), Центральной радиолaborатории (ЦРЛ), были решены следующие задачи: ВМФ нашей страны обеспечен радиоаппаратурой отечественного производства, подготовлены квалифицированные кадры инженеров-радиотехников, заложены основы радиосвязи, радиотехники, электроники, радиовещания, радиоэлектронной промышленности;

5. на становление отечественной радиотехники значительное влияние оказали научные школы И.Г. Фреймана, М.В. Шулейкина, А.Л. Минца, В.К. Аркадьева и Б.А. Введенского. Результаты, полученные данными школами, обеспечили теоретический и практический фундамент для зарождения в 1930–1940-х гг. радиофизики;

6. в этот период ведущую роль играла научная школа Л.И. Мандельштама — Н.Д. Папалекси. Математический аппарат радиофизики и ее важнейшие методы были разработаны Л.И. Мандельштамом, Н.Д. Папалекси и их учениками. Они оказали основополагающее влияние на создание и развитие теории нелинейных колебаний, формирование «нелинейной колебательной культуры» в нашей стране;

7. некоторые участники научной школы Л.И. Мандельштама — Н.Д. Папалекси создали собственные научные школы, работы которых пронизывают идеи Л.И. Мандельштама и Н.Д. Папалекси. Деятельность их учеников (А.А.

Андропова, Г.С. Горелика, С.М. Рытова) позволили расширить область применения теории нелинейных колебаний (например, исследовать задачи теории автоматического регулирования, флуктуации в колебательных системах), создать новые методы и подходы;

8. дальнейшая эволюция радиофизической науки происходила в рамках ее магистральных направлений. Коллектив ученых под руководством Ю.Б. Кобзарева выполнил пионерские исследования по созданию и развитию импульсной радиолокации, принципов построения когерентно-импульсной радиолокационной техники. Деятельность научной школы С.Э. Хайкина связана с разработкой методов и инструментальной базы радиоастрономии. Полученные им и его учениками результаты позволили спроектировать и создать радиотелескопы нового типа (БПР, РАТАН-600). С помощью этих устройств были совершены крупные астрофизические открытия;

9. на основе научных школ сформировались некоторые современные радиофизические центры. Работы К.Ф. Теодорчика и В.В. Мигулина — представителей научной школы Л.И. Мандельштама — Н.Д. Папалекси — привели к формированию научной школы кафедры физики колебаний МГУ. Благодаря деятельности научных школ А.В. Гапонова-Грехова (ученика А.А. Андропова) и М.А. Миллера (ученика М.Л. Левина), в Поволожском регионе образовался уникальный научный, образовательный и технологический кластер — Нижегородская радиофизическая школа. Организация Института радиоэлектроники (ИРЭ) АН УССР стала следствием развития радиофизики в Харьковском университете и Украинском физико-техническом институте (УФТИ). У истоков радиофизических исследований в Харькове стоял Д.А. Рожанский, вокруг которого сформировался коллектив исследователей-единомышленников. С именем Н.Н. Малова — ученика В.К. Аркадьева — связано зарождение радиофизической школы МПГУ.

### **Степень достоверности и апробация результатов**

Результаты диссертационного исследования обсуждались на заседаниях кафедры общей и экспериментальной физики (КОЭФ) МПГУ, на семинарах ИИЕТ РАН и НИРФИ ННГУ.

Материалы диссертационной работы докладывались:

- на Межрегиональной научной конференции «Проблемы научного обеспечения изучения философии и истории естествознания в современных

условиях» (Армавир, 2008 г.);

- на VIII-ой Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 70-летию Пензенского государственного педагогического университета имени В.Г. Белинского (Пенза, 2008 г.);

- на Всероссийской научно-технической конференции «Современные проблемы методического и информационного обеспечения высшего образования» (Тула, 2008 г.);

- на IV-ой Международной научно-практической конференции «Science, Technology and Higher Education» (Westwood, Canada, 2014 г.);

- на Втором международном историко-научном симпозиуме по оптике «История оптики в системе научных знаний» (Санкт-Петербург, 2014 г.);

- на Международных конференциях «Физика в системе современного образования (ФССО)» (Волгоград, 2011 г.; Санкт-Петербург, 2015 г.);

- на Международных научно-методических конференциях «Физическое образование: проблемы и перспективы развития» (2008 г., 2011 г., 2012 г., 2016 г.);

- на Международной научно-методической конференции «Физико-математическое и технологическое образование: проблемы и перспективы развития» (Москва, 2015 г., 2017 г.);

- на годовых научных конференциях ИИЕТ РАН (2012 г., 2013 г., 2015 г., 2016 г., 2017 г.);

- на II-ой Всероссийской научно-методической конференции «Физико-математическое образование: проблемы и перспективы» (Елабуга, 2017 г.);

- на Первой Всероссийской научно-практической конференции «История науки и техники» (Москва, 2018 г.).

Материалы диссертации нашли отражение в 39 публикациях, в том числе в 18 журналах, рекомендованных ВАК.

### **Структура и объем диссертации**

Работа состоит из введения, 5 глав, заключения, списка литературы из 554 наименований и 7 приложений. В Приложении 1 приведена информация о Нобелевских премиях в области радиопластики, в Приложении 2 — программа модульного курса «История радиопластики». Приложение 3 содержит иллюстративный материал, Приложение 4 — таблицы «Параметры научной школы в отечественной радиопластике, заполненные применительно к каждой из

рассмотренных в диссертации научных школ, Приложения 5–6 — тексты писем из фондов Архива РАН. В Приложении 7 рассказано об истории развития и результатах деятельности четырех современных радиофизических центров, которые сформировались на основе описанных выше научных школ.

Общий объем диссертации составляет 657 страниц: 523 страницы основного текста, 7 таблиц, 2 схемы, 23 рисунка.

## 2. ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **ВВЕДЕНИИ** обоснована актуальность темы исследования, выявлена степень ее разработанности, поставлены цели и задачи исследования, установлены его хронологические границы, приведены основные группы источников, определены научная новизна и практическая значимость работы, сформулированы основные положения, выносимые на защиту.

В **главе 1 «Предмет радиофизики и ее истории»** проанализированы предмет, методы, характерные особенности, теоретические, экспериментальные и прикладные основания радиофизики.

В § 1.1 «Радиофизика, радиотехника, радиоэлектроника (терминологический анализ)» рассмотрены различные трактовки предмета радиофизики, представленные в историко-научной, научно-популярной и справочной литературе. Их анализ позволил сделать ряд важных выводов.

1. Традиционно к радиофизике<sup>8</sup> относят вопросы, связанные с изучением и использованием электромагнитных колебаний и волн радиодиапазона (интервал частот от  $3 \cdot 10^4$  Гц до  $3 \cdot 10^{12}$  Гц): их возбуждение, распространение, прием, а также возникающие при этом взаимодействия электрических и магнитных полей с зарядами в вакууме и в веществе<sup>9</sup>.

Со временем методы радиофизики проникли и в другие диапазоны электромагнитных волн (от очень длинных до волн, соответствующих  $\gamma$ -излучению), а также в область волновых процессов не электромагнитной природы (например, в акустику).

2. Выдающиеся ученые, стоявшие у истоков развития отечественной

---

<sup>8</sup> Исторически термин «радиофизика» возник именно в СССР и получил распространение в связи с созданием радиофизического факультета Горьковского государственного университета (ГГУ).

<sup>9</sup> Физика. Большой энциклопедический словарь / Гл. ред. А.М. Прохоров. 4-е изд. М.: Большая Российская энциклопедия, 1999. С. 611–612.

радиофизики (академики АН СССР А.Л. Минц, Б.А. Введенский, А.А. Андронов), считали ее физической основой радиотехники и смежных с ней отраслей техники. Но стремительный взлет физической науки и инженерной мысли, начавшийся примерно с середины XX в., их усиливающаяся интеграция, а также взаимопроникновение научных методов кардинально изменяют представления о предмете радиофизики, существенно расширяют его. Именно поэтому возникает сложность при попытках охарактеризовать предметную область радиофизики.

3. С полным основанием радиофизику следует считать междисциплинарной областью знания. Она выступает своеобразным мостом между радиотехникой и физикой, обладает более широкой трактовкой изучаемых явлений и характеризуется активной экспансией методов в разные разделы современной науки.

4. Трактовки предмета радиофизики, сформулированные академиками РАН А.В. Гапоновым-Греховым и А.Г. Литваком, наиболее адекватно отражают предмет радиопизической науки на современном этапе ее развития. Согласно А.В. Гапонову-Грехову, «радиофизика — наука о колебаниях и волнах разной физической природы. Она включает в себя возбуждение колебаний и волн в неравновесных средах и системах, их излучение и распространение, взаимодействие со средой, регистрацию и обработку колебательных и волновых сигналов»<sup>10</sup>.

Для описания предметной области радиофизики в § 1.2 «Характерные особенности и основания радиофизики как науки» раскрыты специфические черты радиофизики как одного из магистральных направлений современной физики, а также приведено содержание теоретических, экспериментальных и прикладных оснований радиофизики. В совокупности они позволяют сформировать объективный взгляд на предмет этой науки.

Рассмотрению периодизации истории радиофизики посвящен § 1.3 «История радиофизики как направление в истории науки». В развитии радиофизики можно выделить несколько этапов (табл. 1). В диссертации кратко описаны важнейшие достижения, совершенные на каждом из них.

---

<sup>10</sup> Гапонов-Грехов А.В. И в XXI веке в авангарде будет физика // Вестник РАН. 2003. Т. 73. № 1. С. 28.

Таблица 1

## Этапы развития радиофизики как науки

Эволюция радиофизики	Название этапа	Хронологические рамки
Предыстория радиофизики	Этап I. Формирование теоретических и экспериментальных предпосылок для создания теории электромагнитного поля	С 1820 по 1857 гг.
	Этап II. Разработка теории электромагнитного поля	С 1857 по 1865 гг.
	Этап III. Развитие теории электромагнитного поля. Открытие и исследование электромагнитных волн	С 1865 по 1895 гг.
Формирование радиофизики	Этап IV. Формирование и развитие искровой радиотехники, радиотехники незатухающих колебаний и вакуумной электроники	С 1895 гг. по 1930 гг.
	Этап V. Формирование радиофизики как науки	С 1930 по 1940-е гг.
Развитие радиофизики	Этап VI. Дифференциация радиофизической науки и экспансия ее методов в различные области науки и техники	С 1940-е гг. по настоящее время

В § 1.3 также обсуждается вопрос: «Почему именно в период 1930–1940-х гг. радиофизика зародилась как научная дисциплина?». Для ответа на него были изучены внутренние и внешние факторы, оказавшие влияние на этот процесс.

**Внутренние факторы.** К началу 1930-х гг. был накоплен значительный материал в области теоретической и инженерной радиотехники, радиовещания, вакуумной электроники, который потребовал разработки адекватного физического и математического описания. С появлением электронных ламп и

автогенераторов незатухающих колебаний изучение нелинейных явлений стало актуальной задачей. С начала 1930-х гг. масштабные работы по нелинейным колебаниям развернулись в СССР, что стало заслугой Л.И. Мандельштама, Н.Д. Папалекси и их научной школы<sup>11</sup>. Проведенные исследования имеют фундаментальный характер, так как современную радиофизику невозможно представить без генераторов, усилителей, СВЧ-приборов и других сугубо нелинейных устройств.

В рассматриваемый период в СССР возникло новое научно-техническое направление — радиолокация. В течение 1934–1936 гг. были разработаны и испытаны несколько систем радиолокационного обнаружения самолетов. Стремительный прогресс в радиолокации в значительной степени связан с изобретением электровакуумных приборов, прежде всего, магнетрона.

Итак, радиофизика оформилась в самостоятельное научное направление благодаря развитию радиотехники, СВЧ-техники, разработке теории нелинейных колебаний, появлению различных радиолокационных и радиоэлектронных систем. Обширный теоретический и экспериментальный материал потребовал консолидированного физического описания в рамках более широкой научной дисциплины, которой и стала радиофизика.

**Внешние факторы.** Важную роль в процессе формирования радиофизики в нашей стране сыграли экономические, социокультурные и военные аспекты. Приведем несколько примеров. Во-первых, это необходимость быстрой электро- и радиофикации молодой советской республики. Во-вторых, правительство СССР было заинтересовано в военно-политических целях в создании эффективных методов обнаружения вражеских объектов радиотехническими методами. В-третьих, следует отметить энтузиазм молодых ученых, воспитанников научной школы Л.И. Мандельштама — Н.Д. Папалекси (А.А. Андропова и Г.С. Горелика), которые стремились создать подлинный радиофизический центр в провинции. С этой целью в 1931 г. А.А. Андронов переехал в г. Горький, где в 1945 г. при его активном участии

---

<sup>11</sup> До начала 1920-х гг. исследования в области нелинейных колебаний велись в основном в Германии под руководством Г.Г. Баркгаузена. В 1920-х гг. работы, посвященные нелинейным явлениям, были продолжены в Голландии Б. Ван дер Полем и в Англии Э. Эплтоном. В 1927 г. Э. Эплтон и Б. Ван дер Поль разработали основы теории внешней синхронизации триодного генератора. Однако их работы не привели к созданию общей теории нелинейных колебаний.

открылся радиофизический факультет ГГУ. Впоследствии в г. Горьком сформировалась Нижегородская радиофизическая школа, работы которой оказали воздействие на развитие отечественной радиопромышленности, военно-промышленного комплекса (ВПК), радиолокации и др.

Отметим также, что Вторая мировая война и подготовка к ней оказали значительное влияние на разработку радиолокационных станций (РЛС) в разных странах. Угроза воздушных нападений стимулировала ряд ученых и инженеров (Э. Перселла, Р. Дикке и др.) к созданию радара и РЛС, которые были успешно использованы в боевых действиях. Ими был получен опыт работы с микроволновой техникой, который был применен, например, при открытии и исследовании ЯМР.

В главе 2 «Феномен научных школ в истории отечественной физики» проанализирован феномен научных школ, рассмотрены причины их возникновения в истории науки, определены признаки таких научных коллективов, а также выявлена их роль в развитии отечественной физики.

В § 2.1 «Феномен научных школ в различных контекстах» выполнен анализ науковедческой и историко-научной литературы<sup>12</sup>, посвященной феномену научных школ. При этом показано, что научная школа — многоплановый феномен, в котором переплетены разные проявления науки: и как вида деятельности, и как социального института, и как системы знаний. В § 2.2 «Исторические этапы развития научных школ» рассмотрены ключевые вехи в эволюции научных школ.

В § 2.3 «Формирование научных школ в отечественной физике» представлена история формирования научных школ в отечественной физике в досоветский и советский периоды. После Октябрьской революции в результате работы советских ученых (в том числе, научных школ П.Н. Лебедева, А.Ф. Иоффе, Д.С. Рождественского, Л.И. Мандельштама и С.И. Вавилова) были созданы теоретические и экспериментальные предпосылки для постановки и решения целого комплекса научных задач, в том числе, в радиотехнике.

В § 2.3 обсуждается сущность научно-школьного подхода к изучению истории физики. При этом подчеркнута многомерность понятия научной школы. Доминирующим является **научно-содержательное измерение**,

---

<sup>12</sup> См., например, Мирская Е.З. Научные школы: история, проблемы и перспективы // Науковедение и новые тенденции в развитии российской науки; под ред. А.Г. Аллахвердяна, Н.Н. Семеновой, А.В. Юревича. М.: Логос, 2005. 308 с.

связанное с открытием новых явлений, их объяснением и построением научных теорий. Как правило, научные школы оказываются связанными с исследовательскими лабораториями, научными центрами и институтами. По этой причине для научных школ характерно **институциональное (или научно-организационное) измерение**.

В рамках научных школ формируется их кадровый состав, а также происходит передача научных знаний от руководителя его ученикам. Тем самым, можно говорить о **научно-образовательном измерении** научной школы. Взаимодействие лидера со «школьниками» относится к **личностно-психологическому измерению**. В этом случае речь идет об индивидуальных особенностях руководителя, его стиле мышления, специфике организации научных исследований. Научные школы вступают во взаимоотношения с властными структурами, другими научными школами и научными объединениями. Следовательно, можно выявить **социокультурное измерение** научной школы.

В § 2.4 «Научная школа в отечественной радиофизике» приведены параметры научной школы в отечественной радиофизике, которым можно сопоставить определенные измерения (табл. 2).

**Таблица 2**

**Научная школа в отечественной радиофизике**

<b>Измерения научной школы</b>	<b>Параметры научной школы в радиофизике</b>
<b>Научно-содержательное</b>	1) Теоретические и практические результаты, полученные научной школой. 2) Исследовательская программа (или исследовательские программы). 3) Тематика исследований научной школы. 4) Написание монографий, обобщающих теоретические и практические результаты. 5) Внедрение разработок в различные технологии, ВПК
<b>Научно-организационное</b>	1) Институциональное оформление (место локализации) научной школы. 2) Наиболее активный период деятельности научной

	школы. 3) Радиофизические центры, выросшие на основе научной школы
<b>Научно-образовательное</b>	1) Наличие лидера (руководителя) научной школы. 2) Коммуникативное ядро научной школы. 3) Чтение лекций и проведение семинаров участниками научной школы. 4) Формирование кадрового состава (представителей) научной школы. 5) Написание учебных курсов и пособий для студентов
<b>Личностно-психологическое</b>	1) Взаимодействие руководителя научной школы и его учеников. 2) Стилль руководства в научной школе
<b>Социокультурное</b>	1) Взаимодействие с другими научными школами. 2) Взаимоотношения научной школы и государства, оценка ее деятельности обществом

Отметим ряд нюансов, которые возникают при использовании табл. 3.

Во-первых, в научно-содержательное измерение входят научно-теоретическое и научно-практическое измерения. Это особенно характерно для радиофизики, так как она обладает существенной прикладной направленностью. По этой причине в работе уделено значительное внимание практическим приложениям результатов, полученных научными школами.

Во-вторых, в научно-организационном измерении следует отметить роль научных школ в формировании современных радиофизических центров. Со смертью руководителя научной школы она не всегда прекращает свою деятельность. Именно поэтому часто достаточно трудно определить «жизненный цикл» той или иной научной школы. В связи с этим в исследовании указывался наиболее активный период ее деятельности.

В-третьих, коллектив радиофизиков можно считать научно-школьным объединением при условии, что в их деятельности содержатся указанные измерения. В этом случае к ним можно применить параметры из табл. 3.

В-четвертых, научная школа представляет собой идеализированный объект историко-научного исследования. Тем не менее, используя научно-

школьный подход, можно описать не только научные результаты, полученные той или иной школой, но и обнаружить закономерности развития определенного научного направления в радиофизике.

В главе 3 «Зарождение отечественной радиофизики. Научные школы в области радиотехники» рассмотрены истоки зарождения радиофизики в нашей стране. Значительное внимание уделено описанию первых радиотехнических центров, а также научных школ в области радиотехники.

В § 3.1 «Формирование первых радиотехнических центров» обсуждаются первые радиотехнические центры, действовавшие в России (табл. 3). Благодаря их деятельности были решены следующие задачи: ВМФ обеспечен радиоаппаратурой отечественного производства, подготовлены кадры инженеров-радиотехников, заложены основы радиосвязи, радиотехники, радиовещания, отечественной радиоэлектронной промышленности.

**Таблица 3**

**Первые отечественные радиотехнические центры**

<b>Название радиотехнического центра</b>	<b>Период деятельности, годы</b>
Радиотелеграфный завод Морского ведомства	1910–1935
«Русское общество беспроволочных телеграфов и телефонов» (РОБТиТ)	1908–1923
Российское общество радиоинженеров (РОРИ)	1918–1929
Нижегородская радиолaborатория (НРЛ)	1918–1929
Центральная радиолaborатория (ЦРЛ)	1923–1939

В § 3.2 «И.Г. Фрейман и научная школа в области инженерной радиотехники» приведены результаты деятельности И.Г. Фреймана. Формирование его научной школы связано с периодом технического переворота в истории развития радиотехники: переходом от техники затухающих колебаний к применению незатухающих электромагнитных колебаний. Научные работы И.Г. Фреймана посвящены вопросам теории антенн и машин высокой частоты, электронно-вакуумной техники, терминологии, теории и методики расчета лампового генератора. Им была проделана колоссальная работа по систематизации материалов по проектированию и расчету радиоустройств, по формированию современной

терминологии в радиотехнике и электронике (именно он ввел в научный оборот термины «радиотехника» и «радиовещание»).

И.Г. Фрейманом была разработана концепция построения системы связи и наблюдения ВМФ, реализованная при его непосредственном участии в первой отечественной ламповой системе радиосвязи «Блокада-1»<sup>13</sup>. Квинтэссенцией его творчества стал выход в свет первого отечественного систематического курса по радиотехнике (1924 г.).

К одной из важнейших заслуг И.Г. Фреймана — основателя первой в России кафедры радиотехники в ЭТИ (1917 г.) — относится создание научной школы в области инженерной радиотехники. Учениками И.Г. Фреймана являются: академики АН СССР А.И. Берг, А.А. Харкевич, А.Н. Щукин, члены-корреспонденты АН СССР С.Я. Соколов, В.И. Сифоров и др.

Изучению научной школы академика АН СССР М.В. Шулейкина посвящен § 3.3 «М.В. Шулейкин и научная школа в области инженерной радиотехники, теории и практики распространения радиоволн». Как и И.Г. Фрейман, он был инициатором разработки научно-инженерного подхода к решению радиотехнических проблем, который бы гармонично сочетал теоретические расчеты, экспериментальные данные и практические выводы (руководства для радиоинженеров).

М.В. Шулейкин внес весомый научный вклад в исследование законов распространения радиоволн. В 1923 г. он рассмотрел задачу о распространении радиоволн над плоской Землей (без учета влияния ионосферы) и привел формулу и графики для практических расчетов, опередив на восемь лет аналогичные исследования Б. Ван-дер-Поля.

Многие выдающиеся радиоспециалисты нашей страны являются сотрудниками и учениками М.В. Шулейкина. К их числу относятся: академики А.Л. Минц, Б.А. Введенский, а также И.Г. Кляцкин, С.Н. Ржевкин, Л.А. Жекулин, А.Н. Казанцев и др.

В § 3.4. «А.Л. Минц и научные школы в области техники мощных радиовещательных станций и ускорительной техники» описана научная школа А.Л. Минца. Традиции, заложенные в научных школах И.Г. Фреймана и М.В. Шулейкина, были унаследованы А.Л. Минцем. Благодаря опыту организатора и

---

<sup>13</sup> Основные положения этой концепции нашли дальнейшую реализацию в системах «Блокада-2» и «Победа» (последняя была отмечена в 1949 г. Сталинской премией).

руководителя больших коллективов радиоспециалистов и инженеров, ему удалось спроектировать и построить уникальные по своим характеристикам радиовещательные станции: радиостанция им. Коминтерна, РВ-96, Куйбышевская радиостанция и др. При их разработке А.Л. Минц предложил инновационные идеи и разработки, в частности, метод частотной манипуляции, метод сеточной модуляции, блоковую систему, мощные разборные генераторные лампы и др.

В § 3.4 рассмотрены результаты научной школы А.Л. Минца в области создания радиоэлектронных систем для ускорителей заряженных частиц. В 1957 г. на базе РАЛАН<sup>14</sup> по его инициативе был организован РТИ<sup>15</sup>, в котором представители научной школы А.Л. Минца проводили работы по разработке радиоэлектронных систем для ускорителей заряженных частиц и РЛС дальнего обнаружения. В результате под его руководством в РТИ были сконструированы радиоэлектронные системы для таких отечественных ускорителей, как фазотрон на 680 МэВ, синхрофазотрон на 10 ГэВ, протонный синхротрон на 7 ГэВ, кольцевой ускоритель протонов на энергию 76 ГэВ.

А.Л. Минц и его коллектив в РАЛАН (а затем и в РТИ) также выполнил исключительно важные с военной точки зрения работы по проектированию и конструированию РЛС для систем ПРО, ККП и ПРН<sup>16</sup>. При этом потребовалось решить чрезвычайно трудные научно-технические и конструкторские задачи: выбор оптимального диапазона радиоволн, разработка радиофизической аппаратуры для РЛС, обоснование формы радиолокационных сигналов и др. А.Л. Минц и его сотрудники успешно справились с поставленными задачами.

Представителями его научной школы являются: М.И. Басалаев, И.Х. Невяжский, З.И. Модель, П.Н. Куксенко, Н.И. Оганов, А.Я. Брейтбарт, С.М. Рубчинский, Б.И. Поляков, Ю.В. Поляк, Б.П. Мулин др.

В § 3.5 «Научная школа В.К. Аркадьева (лаборатория электромагнетизма им. Дж.К. Максвелла)» обсуждается научная школа В.К. Аркадьева. Ее представители работали по двум основным направлениям: 1) разработка методов получения электромагнитных волн разных частот; 2) приложение теоретических положений теории Максвелла к исследованию

---

<sup>14</sup> РАЛАН — Радиотехническая лаборатория АН СССР.

<sup>15</sup> РТИ — Радиотехнический институт.

<sup>16</sup> ПРО — Система противоракетной обороны; ККП — Система контроля космического пространства; ПРН — Система предупреждения о ракетном нападении.

электромагнитных процессов в веществе.

В 1923 г. сотрудница лаборатории электромагнетизма А.А. Глаголева-Аркадьева с помощью массового излучателя получила ультракороткие электромагнитные волны длиной от 50 мм до 82 мкм<sup>17</sup>. Согласно современной классификации, эти волны охватывают дальнюю область инфракрасного спектра и часть микроволнового диапазона. Работы А.А. Глаголевой-Аркадьевой по генерации ультракоротких электромагнитных волн и последующая разработка единой шкалы электромагнитных волн стали важнейшими результатами деятельности лаборатории электромагнетизма.

К сотрудникам и ученикам В.К. Аркадьева следует отнести: Б.А. Введенского, Н.С. Акулова, И.М. Кирко, К.Ф. Теодорчика, Н.Н. Малова, А.А. Глаголеву-Аркадьеву, Е.И. Кондорского и др.

В § 3.6 «Б.А. Введенский и научная школа по исследованию распространения УКВ» рассматриваются результаты деятельности Б.А. Введенского и его учеников. Работая в ГЭЭИ (будущий ВЭИ<sup>18</sup>), он организовал лабораторию УКВ, которая функционировала в 1930–1935-х гг. На основании проведенных экспериментов и обобщении их результатов Б.А. Введенским в 1928 г. была выведена формула (так называемая квадратичная формула или формула Введенского<sup>19</sup>), позволяющая рассчитать действующее значение напряженности поля УКВ вертикального вибратора при относительно малых высотах передающей и приемной антенн. В иностранной литературе эта формула появилась лишь в 1933 г.

В 1933 г. Б.А. Введенский приступил к разработке теории дифракции УКВ. В его монографиях<sup>20</sup> был выполнен расчет дифракции радиоволн вблизи

---

<sup>17</sup> Глаголева-Аркадьева А.А. Массовый излучатель как источник ультрагерцевых волн до 82 микронов // Телеграфия и телефония без проводов. 1924. № 23. С. 113–114.

<sup>18</sup> ГЭЭИ — Государственный экспериментальный электротехнический институт; ВЭИ — Всероссийский электротехнический институт.

<sup>19</sup> Квадратичную формулу можно представить в виде:

$$E_{\text{д}} = \frac{2,18\sqrt{PD}h_1h_2}{\lambda r^2},$$

где  $E_{\text{д}}$  — действующее значение напряженности поля в месте приема радиоволн;  $P$  — мощность, излучаемая антенной;  $D$  — коэффициент направленного действия антенны (по сравнению с ненаправленным излучателем);  $h_1$  и  $h_2$  — высоты передающей и приемной антенн;  $r$  — расстояние вдоль земной поверхности (протяженность радиолинии);  $\lambda$  — длина рабочей волны.

<sup>20</sup> Введенский Б.А. Основы теории распространения радиоволн. Распространение в

земного шара при конечной проводимости поверхности Земли. Б.А. Введенский опубликовал специальные графики для вычисления поля УКВ, упростившие математические выкладки. Благодаря этому расчеты по дифракционным формулам стали широко использоваться в инженерной практике.

С 1941 г. по 1944 г. Б.А. Введенский был руководителем группы радиосвязи и лаборатории по исследованию и распространению УКВ в ФИАН. Впоследствии он совместно с А.Г. Аренбергом рассмотрел вопрос о влиянии тропосферы на распространение УКВ.

В 1953 г. Б.А. Введенский был приглашен в ИРЭ, где он создал отдел распространения радиоволн. Совместно со своими сотрудниками Б.А. Введенский исследовал дальней тропосферное распространение (ДТР), рассмотрел влияние различных факторов на формирование поля при ДТР и разработал методы расчета поля при ДТР. Результаты, полученные научной школой Б.А. Введенского, были положены в основу инженерных расчетов систем УКВ связи, а также способствовали развитию радиолокации, телевидения и радионавигации.

К числу учеников Б.А. Введенского относятся: А.Г. Аренберг, А.В. Астафьев, А.И. Данилевский, Ю.П. Симанов, Р.И. Перец, М.И. Пономарев, С.Я. Турлыгин, В.А. Кузовкин, Е.Н. Майзельс, М.А. Колосов, А.В. Соколов и др.

В табл. 4 приведены некоторые характеристики научных школ И.Г. Фреймана, М.В. Шулейкина, А.Л. Минца, В.К. Аркадьева и Б.А. Введенского.

**Таблица 4**

**Отечественные научные школы в области радиотехники**

<b>Название научной школы</b>	<b>Исследовательская программа</b>	<b>Наиболее активный период деятельности научной школы, годы</b>
Научная школа И.Г. Фреймана в области	Научно-инженерный подход к проектированию и	1917–1935

---

однородной атмосфере. М.–Л.: Гостехиздат, 1934. 227 с.; Введенский Б.А., Аренберг А.Г. Распространение ультракоротких волн. М.: Связьтехиздат, 1934. 183 с.

инженерной радиотехники	конструированию различных радиотехнических систем	
Научная школа М.В. Шулейкина в области инженерной радиотехники, теории и практики распространения радиоволн	Научно-инженерный подход к проектированию и конструированию различных радиотехнических систем, исследования в области теории и практики распространения радиоволн	1913–1938
Научные школы А.Л. Минца в области техники мощных радиовещательных станций и ускорительной техники	Научно-инженерный подход к проектированию и конструированию мощных радиовещательных станций, радиоэлектронных систем для ускорителей заряженных частиц и РЛС для систем ПРО, ККП, ПРН	1921–1943; 1946–1970
Научная школа В.К. Аркадьева (лаборатория электромагнетизма им. Дж.К. Максвелла)	Изучение электромагнитных процессов в веществе с точки зрения теории электромагнитного поля Дж.К. Максвелла и ее расширение на область ферромагнитных металлов	1919–1939
Научная школа Б.А. Введенского по исследованию распространения УКВ	Теоретическое и экспериментальное изучение особенностей распространения УКВ	1923–1969

В главе 4 «Формирование радиофизики как науки. Научные школы Л.И. Мандельштама — Н.Д. Папалекси и их учеников» рассмотрены результаты, полученные научной школой Л.И. Мандельштама — Н.Д. Папалекси, их учеников и сотрудников в области теории нелинейных колебаний и применения ее методов и представлений к решению радиофизических проблем.

В § 4.1 «Научная школа Л.И. Мандельштама — Н.Д. Папалекси» показано, что ее формирование связано с разработкой и внедрением ламповых устройств. Исследования в области теории колебаний и радиотехники были начаты ими в Страсбургском университете под руководством К.Ф. Брауна.

В 1922 г. Н.Д. Папалекси и Л.И. Мандельштам начали работать в качестве научных консультантов радиолоборатории Треста заводов слабого тока (ТЗСТ). В 1924 г. она была переведена в Ленинград и преобразована в ЦРЛ. Работая в лаборатории высокочастотной физики ЦРЛ, Н.Д. Папалекси и Л.И. Мандельштам, приступили к изучению колебательных процессов в регенеративных системах — системах с положительной обратной связью.

В ходе исследований было показано, что явления, аналогичные резонансу в линейных колебательных системах, в нелинейных регенеративных системах должны наблюдаться не только при приближении частоты внешнего воздействия к частоте собственных колебаний системы, но и в том случае, когда частота внешнего воздействия оказывается кратной собственной частоте системы. Это явление было названо резонансом  $n$ -го рода<sup>21</sup>. Особенности резонанса  $n$ -го рода были использованы для осуществления трансформации частоты в рациональном отношении, в радиоинтерференционных методах, при создании автопараметрического фильтра.

В период с 1926 по 1935 гг. Н.Д. Папалекси руководил сектором нелинейных колебаний отдела научной радиотехники Ленинградского электрофизического института (ЛЭФИ), в котором изучались особенности параметрического возбуждения колебаний — параметрического резонанса<sup>22</sup>. При этом было построено несколько моделей параметрических машин.

В результате исследований научной школы Л.И. Мандельштама — Н.Д. Папалекси был разработан принципиально новый, нелинейный подход<sup>23</sup> к таким явлениям, как резонанс 2-го рода, асинхронное возбуждение,

---

<sup>21</sup> Мандельштам Л.И., Папалекси Н.Д. О явлениях резонанса  $n$  рода // ЖТФ. 1932. Т. II. Вып. 7–8. С. 775–811.

<sup>22</sup> Папалекси Н.Д. Резонанс параметрический (1933 г.). В кн.: Папалекси Н.Д. Собрание трудов / Под ред. С.М. Рытова. М.: Изд-во АН СССР, 1948. С. 133–142.

<sup>23</sup> При изучении нелинейных колебательных систем были использованы следующие теоретические идеи и методы: качественная (топологическая) теория дифференциальных уравнений А. Пуанкаре, методы исследования устойчивости движения, основанные на работах А.М. Ляпунова, метод малого параметра, метод медленно меняющихся амплитуд (ММА), метод припасовывания (или метод кусочно-линейной аппроксимации).

параметрическая регенерация, комбинационный резонанс, принудительная синхронизация частоты и др. Значительный вклад в развитие данного подхода внесли Л.И. Мандельштам и его ученики в МГУ<sup>24</sup>.

Л.И. Мандельштамом, Н.Д. Папалекси и их сотрудниками<sup>25</sup> были разработаны: математический аппарат, адекватный различным задачам теории нелинейных колебаний, ее основные понятия, а также методы решения конкретных радиофизических задач.

В 1934–1947 гг. Н.Д. Папалекси руководил лабораторией колебаний ФИАН. В ней были развернуты работы по исследованию распространения радиоволн и разработке радиоинтерференционных методов<sup>26</sup>. Одним из первых практических применений разработанных методов стало определение скорости распространения радиоволн вдоль земной поверхности.

Выполненные в период с 1934 по 1941 гг. исследования предоставили ценный экспериментальный материал. Он касался как физической природы

---

<sup>24</sup> Деятельность научной школы Л.И. Мандельштама в МГУ охватывает 1925–1944 гг.

<sup>25</sup> Наряду с работами научных школ Л.И. Мандельштама — Н.Д. Папалекси и А.А. Андропова разработка математических методов теории нелинейных колебаний была выполнена Н.М. Крыловым, Н.Н. Боголюбовым, Ю.Б. Кобзаревым, К.Ф. Теодорчиком.

<sup>26</sup> Теоретический анализ показывает, что расстояние  $D$ , которое в геодезических исследованиях является искомой величиной, связано с измеряемым полным фазовым углом  $\Psi$  следующим соотношением:

$$\Psi = Z\Theta + \psi = \frac{720^\circ}{v} fD + \varphi(f, D, \sigma, \epsilon),$$

где  $f$  — частота применяемых радиоволн (в Гц);  $v$  — скорость распространения радиоволн в воздухе;  $Z$  — число полных фазовых циклов  $\theta$ ;  $\psi$  — непосредственно получаемая из измерений часть фазового цикла;  $\varphi(f, D, \sigma, \epsilon)$  — «дополнительная» фаза, обусловленная в основном тем, что распространение радиоволн происходит не в свободном пространстве, а вдоль поверхности Земли, и находящаяся в диапазоне между  $180^\circ$  и  $90^\circ$ ,  $\sigma$  и  $\epsilon$  — проводимость и диэлектрическая постоянная почвы.

Основными вариантами радиоинтерференционных методов, которые позволяют определить как  $D$ , так и  $Z$ , являются:

- метод изменения частот (или метод радиодальномера), в котором непосредственно определяется изменение числа полных фазовых циклов при изменении масштаба волны (при плавном переходе от одной фиксированной известной частоты к другой);
- метод передвижения (метод радиолога), в котором определяется изменение полного фазового угла (или изменение расстояния в длинах волн) при плавном передвижении одного из пунктов относительно другого;
- метод фазового зонда, при котором фазовое поле создается двумя неподвижными станциями, расположенными на расстоянии друг от друга, а подвижный объект определяет свое положение по разности хода волн от каждой из этих станций.

распространения радиоволн вдоль суши и морской поверхности, так и определения возможностей и методики использования радиоинтерференции для решения навигационных, гидрографических и геодезических задач. С непревзойденной до того времени точностью (до  $3 \cdot 10^{-4}$  над морем и до  $6 \cdot 10^{-4}$  над ровной сушей) была измерена скорость распространения радиоволн.

Многие из учеников Л.И. Мандельштама и Н.Д. Папалекси впоследствии стали самостоятельными учеными в области теории нелинейных колебаний и радиофизики, а некоторые представители их научной школы создали собственные научные школы (А.А. Андронов, Г.С. Горелик, С.Э. Хайкин, К.Ф. Теодорчик, В.В. Мигулин).

В § 4.2 «Научные школы учеников Л.И. Мандельштама и Н.Д. Папалекси» рассказано об эволюции Нижегородской ветви научной школы Л.И. Мандельштама — Н.Д. Папалекси (в лице их учеников А.А. Андропова и Г.С. Горелика).

Итогом обучения А.А. Андропова в аспирантуре под руководством Л.И. Мандельштама стала диссертация «Предельные циклы Пуанкаре и теория автоколебаний» (1929 г.). Он составил идеализированные теоретические модели часов и лампового генератора. А.А. Андронов показал, что замкнутые кривые на фазовой плоскости, изображающие незатухающие колебания часов и лампового генератора, соответствуют предельным циклам<sup>27</sup>.

Для обозначения незатухающих колебаний, генерируемых системами, обладающими трением (сопротивлением) подобно часам или ламповому генератору, он ввел новый термин — «автоколебания».

После того как А.А. Андроновым было выяснено значение для теории колебаний качественной теории дифференциальных уравнений Пуанкаре и теории устойчивости Ляпунова, он вместе с А.А. Виттом применил их к конкретным радиофизическим задачам. Ими была создана теория автоколебаний в мультивибраторе Абрагама — Блоха<sup>28</sup>, имеющих резко

---

<sup>27</sup> Предельный цикл — геометрический образ, изображающий в фазовом пространстве периодическое движение автоколебательной системы и представляющий собой замкнутую кривую, к которой асимптотически приближаются соседние фазовые траектории.

<sup>28</sup> Пренебрегая сеточными токами, А.А. Андронов и А.А. Витт получили два уравнения для двух колебательных контуров мультивибратора:

$$(I_1 + I_2)r + \int_0^t \frac{i_2 dt}{C} + i_2 R = E, \quad (1a)$$

несинусоидальную форму. В 1930 г. А.А. Андронов и А.А. Витт рассмотрели явление «захватывания»<sup>29</sup>, используя метод ММА и методы Пуанкаре. В результате их работ была создана математическая основа теории автоколебаний.

Важный период в творчестве А.А. Андропова и его учеников связан с изучением вопросов автоматического регулирования. При этом ими был использован метод точечных преобразований (отображений), с помощью которого были решены некоторые задачи в области теории автоматического регулирования<sup>30</sup>. Их решение было доведено до численных расчетов границ областей устойчивости при различных значениях параметров.

На формирование научного мировоззрения, стиля руководства и особенностей научной школы А.А. Андропова существенный отпечаток наложило его творческое взаимодействие с Л.И. Мандельштамом. Оно происходило не только при обучении А.А. Андропова в аспирантуре, но и продолжилось после его отъезда из Москвы в Горький. В § 4.2 подробно рассмотрен этот период жизни А.А. Андропова, так как именно в Горьком (ГИФТИ<sup>31</sup> и ГГУ) сложилась его научная школа в области теории нелинейных колебаний. Учениками А.А. Андропова являются: А.Г. Майер, Е.А. Леонтович, С.В. Беллюстин, Н.П. Власов, Н.Н. Баутин, Н.В. Бутенин, Н.А. Железцов, Ю.И. Неймарк, С.А. Жевакин, И.Л. Берштейн, А.В. Гапонов-Грехов и др.

В § 4.2 рассмотрена научная школа Г.С. Горелика в области теории

---

$$(I_1 + I_2)r + \int_0^t \frac{i_2 dt}{C} + i_2 R = E. \quad (16)$$

Считая, что анодный ток зависит только от сеточного напряжения, пренебрегая малыми «паразитными» индуктивностями и введя ряд обозначений, они выполнили математическое преобразование уравнений (1а) и (1б). А.А. Андронов и А.А. Витт получили дифференциальные уравнения первого порядка, которые не только не давали предельного цикла, но и показывали, что в рассматриваемой схеме он не может возникнуть. В то же время мультивибратор генерировал автоколебания. Используя предложенную Л.И. Мандельштамом и Н.Д. Папалекси «гипотезу скачка» («постулат непрерывности энергии»), А.А. Андронов и А.А. Витт получили разрывные периодические решения приведенной системы дифференциальных уравнений.

<sup>29</sup> Андронов А.А., Витт А.А. К математической теории захватывания // Журнал прикладной физики. 1930. Т. 7. Вып. 4. С. 3–20.

<sup>30</sup> См., например, Андронов А.А., Баутин Н.Н. Стабилизация курса нейтрального самолета автопилотом с постоянной скоростью сервомотора и зоной нечувствительности // ДАН. 1945. Т. 46. № 4. С. 158–161.

<sup>31</sup> ГИФТИ — Горьковский исследовательский физико-технический институт.

нелинейных колебаний и статистической радиофизики. Под руководством Л.И. Мандельштама он написал диссертацию на тему «О действии внешней силы на линейную систему с периодически меняющимися параметрами». В ней Г.С. Горелик разработал общую теорию неавтономных линейных параметрических систем, обобщил понятия резонанса, селективности и расстройки. С 1931 по 1938 гг. он работал в МГУ сначала в качестве ассистента, а затем доцента и профессора. В этот период Г.С. Горелик выполнил ряд работ в области теории нелинейных колебаний<sup>32</sup>.

В послевоенные годы он принял участие в развитии теории нелинейных колебаний. В данном направлении Г.С. Гореликом было выполнено три работы<sup>33</sup>. Кроме того, колебательный подход был им эффективно использован при создании методов определения быстроты обмена энергией между степенями свободы молекул газа и демодуляционного анализа света.

Впоследствии в орбиту научных интересов Г.С. Горелика были вовлечены вопросы, связанные с флуктуациями в различных колебательных системах. Им и его сотрудниками были рассмотрены и проанализированы различные приложения фазометрического метода И.Л. Берштейна, позволяющего обнаруживать и измерять случайные изменения фазы.

Травля Г.С. Горелика, организованная в ГГУ в связи с обсуждением книги «Колебания и волны», а также смерть его близкого друга и единомышленника А.А. Андропова привели к тому, что Г.С. Горелик в 1953 г. начал работать в Московском физико-техническом институте (МФТИ). Кроме того, он стал заведующим организованной им в ИРЭ лаборатории статистической радиофизики. В МФТИ и в ИРЭ Г.С. Горелик и его сотрудники выполнили научные работы в области статистической радиофизики. В фокусе их внимания оказались такие вопросы, как флуктуации в автоколебательных системах, рассеяние волн на хаотически движущихся неоднородностях,

---

<sup>32</sup> См., например, Горелик Г.С. Резонансные явления в линейных системах с периодически меняющимися параметрами // ЖТФ. 1934. Т. 4. Вып. 10. С. 1783–1817; 1935. Т. 5. Вып. 2. С. 196–215; 1935. Т. 5. Вып. 3. С. 490–517.

<sup>33</sup> Андронов А.А., Горелик Г.С. О резонансных явлениях при движении релятивистской частицы в циклотроне // ДАН СССР. 1945. Т. 49. № 9. С. 664–666; Андронов А.А., Баутин Н.Н., Горелик Г.С. Автоколебания простейшей схемы, содержащей автоматический винт изменяемого шага // ДАН. 1945. Т. 47. № 4. С. 265–268; Андронов А.А., Баутин Н.Н., Горелик Г.С. Теория непрямого регулирования с учетом сухого трения в чувствительном элементе // Автоматика и телемеханика. 1946. Т. 7. № 1. С. 15–41.

автоколебательные системы с запаздывающей обратной связью.

Научную школу Г.С. Горелика всегда отличала ярко выраженная педагогическая направленность. Квинтэссенцией его педагогического творчества стал учебник «Колебания и волны. Введение в акустику, радиофизику и оптику». К ученикам Г.С. Горелика относятся: А.Г. Любина, Г.В. Аронович, К.А. Горонина, И.С. Жукова, В.С. Троицкий, В.А. Зверев, А.Н. Малахов С.М. Козел, М.И. Родак, Г.А. Ёлкин, А.В. Францессон и др.

В § 4.2 кратко рассмотрены научные достижения одного из ярких представителей научной школы Л.И. Мандельштама — Н.Д. Папалекси С.М. Рытова. Им были получены фундаментальные научные результаты в теории нелинейных колебаний, акустике, теории распространения волн, электродинамике, оптике и статистической радиофизике.

С.М. Рытов был организатором и руководителем семинара<sup>34</sup>, оказавшего огромное влияние на развитие отечественной радиофизики. Его участниками были: А.М. Прохоров, М.Е. Жаботинский, В.Г. Веселаго, Ф.В. Бункин, В.И. Татарский, Н.В. Карлов, Ю.А. Кравцов, А.Е. Каплан и др.

В результате изучения деятельности научной школы Л.И. Мандельштама — Н.Д. Папалекси сформулированы следующие выводы.

Во-первых, данная научная школа представляет собой уникальный феномен в истории отечественной физики. Благодаря ее деятельности, впоследствии появились некоторые эффективные научные школы (А.А. Андропова, Г.С. Горелика, И.Е. Тамма, М.А. Леонтовича), внесшие значительный вклад в теорию нелинейных колебаний, радиофизику, теоретическую физику, физику плазмы.

Во-вторых, деятельность научной школы Л.И. Мандельштама — Н.Д. Папалекси обеспечила теоретический и экспериментальный фундамент радиофизической науки, позволила определить ее предмет, разработать методы, терминологию и методологию исследований в этой области.

В-третьих, многие их ученики не только разработали оригинальные исследовательские программы, но и создали собственные научные школы, работы которых, пронизывают идеи Л.И. Мандельштама и Н.Д. Папалекси.

В-четвертых, Л.И. Мандельштам, Н.Д. Папалекси и их ученики (А.А.

---

<sup>34</sup> Первоначально он проводился в ФИАН, а затем был перенесен в Институт физики атмосферы.

Андронов, С.П. Стрелков, Г.С. Горелик, С.М. Рытов и др.) известны не только как выдающиеся ученые, но и как прекрасные лекторы, организаторы и руководители семинаров.

В-пятых, Л.И. Мандельштам, Н.Д. Папалекси и их ученики были авторами учебных курсов, ставших настольными для многих поколений физиков и не утративших свою актуальность. В качестве примеров можно привести: полное собрание трудов Л.И. Мандельштама; книгу «Теория колебаний. Часть I» А.А. Андропова и С.Э. Хайкина; учебники «Механика» и «Физические основы механики» С.Э. Хайкина и др.

В таблице 5 приведены некоторые характеристики научных школ Л.И. Мандельштама — Н.Д. Папалекси, А.А. Андропова, Г.С. Горелика

**Таблица 5**

**Научные школы в области теории нелинейных колебаний  
и применения ее методов к различным областям науки и техники**

<b>Название научной школы</b>	<b>Исследовательская программа</b>	<b>Наиболее активный период деятельности научной школы, годы</b>
Научная школа Л.И. Мандельштама — Н.Д. Папалекси в области в области теории нелинейных колебаний и радиофизики	Создание теории нелинейных колебаний и применение ее математического аппарата, методов и идей к решению различных задач радиотехники, формирование «нелинейного стиля мышления»	1924–1947
Научная школа А.А. Андропова в области теории нелинейных колебаний и теории автоматического регулирования	Создание и усовершенствование теории нелинейных колебаний, основанной на качественной теории дифференциальных уравнений и методе точечных отображений, применение ее методов к различным вопросам	1929–1952

	радиофизики и теории автоматического регулирования	
Научная школа Г.С. Горелика в области теории нелинейных колебаний и статистической радиофизики	Применение колебательного подхода к различным вопросам науки и техники, исследование свойств вещества и излучения радиофизическими методами	1938–1956

В контексте историко-научного исследования были изучены научные школы в таких магистральных направлениях радиофизики как радиолокация и радиоастрономия. Этому вопросу посвящена **глава 5 «Научные школы в области отечественной радиолокации и радиоастрономии»**.

В § 5.1 «Ю.Б. Кобзарев и научная школа в области радиолокации» сначала приведена научная биография Д.А. Рожанского. Под его руководством сотрудники группы № 5 отдела коротких волн Ленинградской физико-технической лаборатории (ЛФТЛ) выполнили эксперименты по изучению рассеяния самолетами радиоволн метрового диапазона и разработали импульсный метод радиолокации применительно к задаче обнаружения самолетов на больших расстояниях.

В 1938 г. при участии ученика Д.А. Рожанского Ю.Б. Кобзарева были проведены испытания радиолокатора с передатчиком мощностью 50 кВт. В экспериментах самолеты надежно обнаруживались на расстояниях до 55 км. При этом были впервые измерены характеристики рассеяния УКВ самолетами и определены эффективные площади рассеяния.

В 1939 г. к работам в области радиолокации был привлечен НИИ-20, которому совместно с ЛФТИ было поручено изготовить опытные образцы радиолокаторов. К началу Великой Отечественной войны было налажено промышленное производство радиолокаторов «РУС-2» в двух вариантах — автомобильном (РЛС «Редут») и перевозимом в упаковках (РЛС «Пегматит»).

Для развития радиолокационных методов и аппаратуры требовались высококвалифицированные специалисты в этой области. В связи с этим в 1943 г. Ю.Б. Кобзареву было поручено организовать в Московском энергетическом институте (МЭИ) на радиотехническом факультете кафедру радиолокации<sup>35</sup>.

<sup>35</sup> По соображениям секретности она называлась кафедрой радиотехнических приборов.

Под его руководством были разработаны концепции подготовки специалистов в области радиолокации, созданы учебные курсы и лаборатории.

В НИИ-20 Ю.Б. Кобзаревым и его сотрудниками были выполнены опытно-конструкторские работы: разработка стационарной РЛС «Обсерватория» (П-50) и подвижной РЛС «Перископ» (П-20). Данные РЛС работали в сантиметровом диапазоне длин волн. В 1949 г. в НИИ-20 была развернута НИР «Стекло», в рамках которой началась разработка когерентно-импульсной техники применительно к новым РЛС дальнего обнаружения, работающим на длине волны 10 см. При ее выполнении была разработана теория когерентно-импульсных РЛС.

К 1954 г. в лаборатории Ю.Б. Кобзарева были получены научно-технические результаты, на основе которых была разработана первая в СССР когерентно-импульсная РЛС обнаружения с защитой от пассивных помех — двухкоординатная РЛС дециметрового диапазона волн «Тропа» (П-15). Она была принята на вооружение в 1955 г. и стала самой массовой РЛС войск ПВО.

В 1955 г. Ю.Б. Кобзарев начал работать в ИРЭ, где при его участии были продолжены исследования в области радиолокации, а также получили развитие новые научные дисциплины, связанные со статистической обработкой радиосигналов, с изучением радиотеплового излучения Земли и естественных случайных низкочастотных полей Земли.

Ученики Ю.Б. Кобзарева, начав работы в области активной радиолокации, постепенно переключились на изучение вопросов пассивной радиолокации, не требующей работы радиопередатчиков. Эта научная деятельность велась сотрудниками Ю.Б. Кобзарева А.Е. Башариновым, Б.Г. Кутузой, В.М. Поляковым и др. Проводимые работы носили инновационный характер и значительно опережали зарубежные исследования в этой области. Они привели к формированию такого направления радиофизики как дистанционное зондирование.

В § 5.2. «С.Э. Хайкин и научная школа в области радиоастрономии» обсуждается деятельность коллектива ученых, возглавляемого С.Э. Хайкиным. После смерти Н.Д. Папалекси (1947 г.) С.Э. Хайкин возглавил подготовку и проведение Бразильской экспедиции, в результате которой было обнаружено радиоизлучение солнечной короны в метровом диапазоне длин волн.

Благодаря инициативе и организаторскому таланту С.Э. Хайкину удалось сформировать коллектив радиоастрономов в ФИАН. В 1948–1949 гг. они

участвовали в Крымской экспедиции<sup>36</sup> (КЭ), в ходе которой были созданы первые крупные отечественные радиотелескопы. Первый крымский радиотелескоп ФИАН был запущен в 1949 г. На нем проводились исследования радиоизлучения активных областей Солнца на длине волны 1,5 м.

В 1953 г. С.Э. Хайкин создал отдел радиоастрономии в Главной астрономической обсерватории (ГАО) в Пулковско. Сложность построения очень больших и точных антенн для проведения радиоастрономических наблюдений в сантиметровом и миллиметровом диапазонах должна была быть преодолена путем отказа от конструкции радиотелескопа со сплошным параболическим рефлектором. По предложению С.Э. Хайкина и Н.Л. Кайдановского для наблюдений в разных направлениях профиль отражающей поверхности должен был изменяться, поэтому новый радиотелескоп получил название антенны переменного профиля (АПП).

В 1956 г. под руководством С.Э. Хайкина и Н.Л. Кайдановского был сооружен Большой Пулковский радиотелескоп (БПР)<sup>37</sup>, ставший первым в мире телескопом с АПП. Пространственное разрешение БПР достигает 1 угловой минуты на длине волны 3 см.

По инициативе Н.С. Кардашева в 1965 г. было выдвинуто предложение о разработке нового радиотелескопа типа АПП диаметром 600 м. Научным руководителем по новому радиотелескопу (РАТАН-600<sup>38</sup>), был назначен ученик С.Э. Хайкина Ю.Н. Парийский, а главным конструктором — Н.Л. Кайдановский. С помощью РАТАН-600 было изучено радиоизлучение планет Солнечной системы, обнаружено слабое излучение радиоструктуры Солнца («радиогрануляция»).

Представителями научной школы С.Э. Хайкина являются: В.В. Виткевич, Н.Л. Кайдановский, Н.С. Соболева, Н.А. Есепкина, Ю.Н. Парийский, Д.В. Корольков и др.

---

<sup>36</sup> Помимо КЭ под Горьким работала группа НИРФИ под руководством Г.С. Горелика и В.С. Троицкого. В 1949 г. около деревни Зименки был организован радиоастрономический полигон, где были, в частности, установлены радиотелескопы на длины волн 1,5 м и 3 см. С их помощью проводились измерения радиоизлучения Солнца, а также наиболее ярких дискретных космических источников.

<sup>37</sup> Хайкин С.Э., Кайдановский Н.Л., Есепкина Н.А. и др. Большой пулковский радиотелескоп // Известия ГАО. 1960. № 164. С. 3–26.

<sup>38</sup> Хайкин С.Э., Кайдановский Н.Л., Парийский Ю.Н. и др. Радиотелескоп РАТАН-600 // Известия ГАО. 1972. № 188. С. 3–12.

В таблице 6 приведены некоторые характеристики научных школ Ю.Б. Кобзарева и С.Э. Хайкина.

**Таблица 6**

**Научные школы в области отечественной  
радиолокации и радиоастрономии**

<b>Название научной школы</b>	<b>Исследовательская программа</b>	<b>Наиболее активный период деятельности научной школы, годы</b>
Ю.Б. Кобзарев и научная школа в области радиолокации	Создание теоретических основ радиолокации, разработка активных и пассивных радиолокационных устройств и их применение в различных областях техники и оборонной промышленности	1945–1992
С.Э. Хайкин и научная школа в области радиоастрономии	Разработка радиоастрономической аппаратуры и методов, проектирование и конструирование радиотелескопов для проведения астрономических наблюдений и исследований в сантиметровом и миллиметровом диапазонах	1945–1967

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Итогом диссертационного исследования является проведенный анализ деятельности научных школ в отечественной радиофизике и полученная на его основе целостная картина зарождения и развития этой науки в нашей стране.

Сформулируем основные выводы диссертационной работы.

1. Выполнен анализ различных дефиниций предмета радиофизики. Сделан вывод о том, что трактовки предмета радиофизики, сформулированные А.В. Гапоновым-Греховым и А.Г. Литваком, наиболее адекватно отражают предмет этой науки на современном этапе ее развития.

2. Рассмотрены характерные особенности, теоретические, экспериментальные и прикладные основания радиофизики с учетом тенденций развития современной физики и техники. В совокупности они позволили сформировать объективный взгляд на предмет этой науки.

3. Анализ литературы позволил разработать периодизацию этапов развития радиофизики и охарактеризовать важнейшие достижения, совершенные на каждом из них.

4. Проведено исследование процессов формирования научных школ в России (досоветский период) и зарождения советских научных школ в физике. Обоснована целесообразность применения научно-школьного подхода к истории отечественной физики XX в. Подчеркнута многомерность понятия научной школы и научно-школьного подхода, в содержании которого можно выделить научно-содержательное, научно-организационное, научно-образовательное, личностно-психологическое и социокультурное измерения.

5. Конкретизированы в результате историко-научного анализа параметры научной школы в радиофизике, которым можно сопоставить указанные измерения. Предложена общая схема изложения материала о научных школах в отечественной радиофизике.

6. Показано, что благодаря работам Радиотелеграфного завода Морского ведомства, РОБТиТ, РОРИ, НРЛ, ЦРЛ, удалось обеспечить ВМФ радиоаппаратурой отечественного производства, подготовить кадры инженеров-радиотехников, заложить основы радиосвязи, радиовещания, отечественной радиоэлектронной промышленности.

7. Установлено, что в результате деятельности научных школ И.Г. Фреймана, М.В. Шулейкина, А.Л. Минца, В.К. Аркадьева, Б.А. Введенского, были заложены экспериментальные и теоретические основы для формирования радиофизики. В 1930–1940-х гг. она сформировалась как самостоятельная научная дисциплина. В этот период ведущую роль играла научная школа Л.И. Мандельштама — Н.Д. Папалекси. Работы, выполненные ее представителями, позволили определить предмет радиофизики, разработать ее методы, терминологию и методологию исследований, сформировать «нелинейную колебательную культуру».

8. Сделан вывод о том, что исследовательская программа научной школы Л.И. Мандельштама — Н.Д. Папалекси оказалась очень эффективной. Это подтверждается тем, что их ученики (А.А. Андронов, Г.С. Горелик, С.М. Рытов

и др.) успешно продолжили исследования в рамках данной программы, а также достигли впечатляющих результатов в новых научных направлениях.

9. Описана эволюция научной школы Ю.Б. Кобзарева, оказавшей влияние на создание и развитие отечественной импульсной радиолокации, принципов построения когерентно-импульсной радиолокационной техники и теории оптимальной обработки радиолокационных сигналов.

10. Рассмотрена деятельность научной школы С.Э. Хайкина, которая привела к разработке методов и инструментальной базы радиоастрономии в нашей стране. Полученные С.Э. Хайкиным и его учениками результаты позволили спроектировать и создать радиотелескопы нового типа (БПР и РАТАН-600).

11. Рассмотрены четыре современных радиофизических центра, выросшие на основе описанных научных школ.

- Работы представителей научной школы Л.И. Мандельштама — Н.Д. Папалекси К.Ф. Теодорчика и В.В. Мигулина привели к формированию кафедры физики колебаний МГУ.

- Благодаря деятельности научных школ А.В. Гапонова-Грехова (ученика А.А. Андропова) и М.А. Миллера (ученика М.Л. Левина), в Поволожском регионе образовался уникальный научный, образовательный и технологический кластер — Нижегородская радиофизическая школа.

- У истоков радиофизических исследований в Харькове стоял Д.А. Рожанский, вокруг которого сформировался коллектив исследователей. В частности, ее представителем был академик АН УССР А.А. Слуцкий, ученики которого А.Я. Усиков и С.Я. Брауде внесли основополагающий вклад в развитие квантовой электроники, радиоокеанографии и дециметрового радиоастрономии.

- С именем Н.Н. Малова (ученика В.К. Аркадьева) связано зарождение радиофизической школы МПГУ. Ее участниками были выполнены работы в области физики СВЧ-колебаний, полупроводниковых параметрических усилителей, ЛОВ-спектроскопии, дистанционного мониторинга Земли и Мирового Океана радиофизическими методами, физики неравновесных явлений и пространственно неоднородных процессов в сверхпроводниковых наноструктурах.

12. Приведены жизненные циклы 10 научных школ в отечественной

радиофизике. С помощью инструментов программы ОСЗ «Хронолайнер 1.5» составлена лента времени («хронолиния»), на которую нанесены 10 исследовательских программ. Они расположены на шкале времени, которая хронологически охватывает период с 1913 г. по 1992 г. Анализ полученной хронолинии показал, что история практически всех исследовательских программ пришлась на IV и V этапы развития радиофизики.

Таким образом, зарождение и формирование радиофизики в нашей стране обусловлено деятельностью научных школ.

Рассмотрев деятельность научных коллективов А.Л. Минца (в области создания РЛС дальнего действия), Ю.Б. Кобзарева и С.Э. Хайкина, был сделан следующий вывод. Дальнейшая эволюция радиофизической науки происходила в рамках ее магистральных направлений. В этом процессе значительную роль играли научные школы.

Отметим ряд перспективных направлений дальнейшей историко-научной работы в области радиофизики.

Фронт исследования можно расширить, включив в него изучение других отечественных научных школ в области радиофизики.

- Основополагающий вклад в развитие нелинейной оптики, лазерной спектроскопии и приложению их методов к решению радиофизических задач внесли научные школы Р.В. Хохлова — С.А. Ахманова, В.С. Летохова.

- В истории радиоспектроскопии центральное место занимает Казанская научная школа магнитной радиоспектроскопии (Е.К. Завойский, С.А. Альтшулер, Б.М. Козырев).

- Н.Д. Девятков и его научная школа выполнили важнейшие работы в области физики и техники СВЧ диапазона, радиолокации, медицинской электроники.

- В.С. Троицкий и его научная школа известна благодаря исследованиям в области экспериментальной радиоастрономии. В частности, он создал наиболее полную теорию теплового радиоизлучения Луны.

- В научной школе В.Л. Гинзбурга в ГГУ развивались два направления: 1) исследование распространения электромагнитных волн в ионосферной и космической плазме, галактического радиоизлучения и радиоизлучения Солнца; 2) решение астрофизических и радиоастрономических задач.

- И.С. Шкловский организовал и возглавил отдел радиоастрономии в

ГАИШ, который превратился в отдел всеволновой астрономии.

На географической карте нашей страны существуют города (и их области), в которых наиболее ярко сконцентрирована передовая радиофизическая мысль (Москва, Санкт-Петербург, Н. Новгород). Подобной «Меккой» радиофизики на Украине является Харьков. Данный «атлас» радиофизических школ можно расширить, включив в него, например, научные коллективы Саратова. К ним относятся: научные школы В.И. Калинина в области физики и техники СВЧ-колебаний, В.С. Анищенко по нелинейной динамике, Д.И. Трубецкова в области электроники, СВЧ-радиофизики и нелинейной динамики.

## **ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ДИССЕРТАЦИОННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ОТРАЖЕНЫ В СЛЕДУЮЩИХ ПУБЛИКАЦИЯХ**

### **Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК:**

1. *Кудрявцев В.В.*, Ильин В.А. История физики в педагогическом вузе: вчера, сегодня, завтра // История науки и техники. — 2009. — № 3. — С. 2–15.

2. *Кудрявцев В.В.*, Ильин В.А. История радиофизики в контексте Нобелевской премии // История науки и техники. — 2009. — № 10. — С. 8–25.

3. *Кудрявцев В.В.*, Ильин В.А., Гольцман Г.Н. Радиофизика в истории Московского педагогического государственного университета // История науки и техники. — 2009. — № 9. — С. 18–27.

4. *Кудрявцев В.В.*, Михайлишина Г.Ф., Ильин В.А. История современности — неотъемлемая часть истории физики // История науки и техники. — 2010. — № 7. — С. 10–16.

5. Гольцман Г.Н., Ильин В.А., *Кудрявцев В.В.* Радиофизическая научная школа и ее основатель Евгений Михайлович Гершензон (к 80-летию со дня рождения) // История науки и техники. — 2011. — № 12. — С. 18–27.

6. *Кудрявцев В.В.*, Орлов В.А., Михайлишина Г.Ф. Модель методической системы изучения элективных курсов по современной физике в профильной школе // Физика в школе. — 2011. — № 6. — С. 40–45.

7. *Кудрявцев В.В.* Радиофизика: история, открытия, современность (профильный элективный курс) // Физика в школе. — 2011. — № 6. — С. 45–49.

8. *Кудрявцев В.В.*, Михайлишина Г.Ф., Ильин В.А. Научно-методические аспекты изучения современной физики в профильной школе // Наука и школа. — 2011. — № 2. — С. 65–71.

9. *Кудрявцев В.В., Михайлишина Г.Ф., Ильин В.А.* Изучение современной физики в профильной школе: методологический аспект // Педагогическое образование и наука. — 2011. — № 9. — С. 40–47.

10. *Кудрявцев В.В., Ильин В.А.* Изучение истории радиопизики с точки зрения историка науки и преподавателя вуза // История науки и техники. — 2012. — № 3. — С. 29–37.

11. *Кудрявцев В.В., Ильин В.А.* История радиопизики — важнейшее направление в истории физики // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. — 2012. — № 2(22). — С. 170–184.

12. *Кудрявцев В.В.* Интегративная модель изучения истории современной физики (на примере радиопизики) // История науки и техники. — 2013. — № 10. — С. 9–20.

13. *Кудрявцев В.В., Ильин В.А.* Поволжье — кузница научных школ в отечественной радиопизике // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Физико-математические науки. — 2014. — № 2 (30). — С. 169–179.

14. *Кудрявцев В.В., Ильин В.А.* Радиоастрономия: методы, инструментальная база, фундаментальные открытия // Физика в школе. — 2014. — № 7. — С. 4–16.

15. *Кудрявцев В.В.* Научные школы в области радиотехники и радиоэлектроники // История науки и техники. — 2016. — № 1. — С. 24–45.

16. *Кудрявцев В.В., Ильин В.А.* Научные школы в области теории нелинейных колебаний // История науки и техники. — 2016. — № 1. — С. 46–68.

17. *Кудрявцев В.В., Ильин В.А.* Научные школы в области радиолокации и радиоастрономии // История науки и техники. — 2016. — № 2. — С. 47–72.

18. *Кудрявцев В.В.* Научно-школьный подход к изучению истории отечественной радиопизики // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия «Гуманитарные науки». — 2018. — № 3/2. — С. 14–18.

### **Материалы конференций:**

1. *Кудрявцев В.В., Ильин В.А.* История радиопизики — важная часть истории естествознания // Материалы Межрегиональной научной конференции «Проблемы научного обеспечения изучения философии и истории

естествознания в современных условиях». — Армавир: РИЦ АГПУ, 2008. — С. 103–107.

2. Михайлишина Г.Ф., Ильин В.А., Кудрявцев В.В. История современности в истории физики. Часть 1 // Материалы V Международной научно-практической конференции «Актуальные направления развития современной физики и методик ее преподавания в вузе и школе». — Борисоглебск: ГОУ ВПО «Борисоглебский ГПИ», 2010.

3. Михайлишина Г.Ф., Ильин В.А., Кудрявцев В.В. История современности в истории физики. Часть 2 // Материалы V Международной научно-практической конференции «Актуальные направления развития современной физики и методик ее преподавания в вузе и школе». — Борисоглебск: ГОУ ВПО «Борисоглебский ГПИ», 2010.

4. Кудрявцев В.В., Ильин В.А. История радиофизики как направление в истории науки и учебная дисциплина в педагогическом вузе // Материалы XI Международной научной конференции «Физика в системе современного образования» (ФССО-11). Т. 1. — Волгоград: Изд-во ВГСПУ «Перемена», 2011. — С. 59–62.

5. Кудрявцев В.В. О нелинейных радиофизических школах в отечественной науке // Институт истории естествознания и техники им. С.И. Вавилова. Годичная научная конференция (2013). Т. 1: Общие проблемы развития науки и техники. История физико-математических наук. — М.: ЛЕНАНД, 2013. — С. 344–347.

6. Kudryavtsev V.V., Ilyin V.A. The issues of development of radiophysics in the course of history of physics in institute // Materials of the IV International research and practice conference «Science, Technology and Higher Education», Vol. II, Westwood, January, 30<sup>th</sup>, 2014 / Publishing office Accent Graphics communications. — Westwood, Canada, 2014. — Pp. 191–197.

7. Кудрявцев В.В. Радиофизические исследования в научной школе Л.И. Мандельштама — Н.Д. Папалекси // Институт истории естествознания и техники им. С.И. Вавилова. Годичная научная конференция (2015). Т. 2: История естествознания и техники. — М.: ЛЕНАНД, 2015. — С. 112–116.

8. Кудрявцев В.В. Модульный курс «История радиофизики» для магистров в педагогическом вузе // Материалы XIII Международной конференции ФССО-15, Санкт-Петербург. Т. 1. — СПб.: Изд-во ООО «Фора-принт», 2015. — С. 433–435.

9. *Кудрявцев В.В.* О научной школе В.К. Аркадьева (лаборатории электромагнетизма им. Дж. Максвелла) // Институт истории естествознания и техники им. С.И. Вавилова. Годичная научная конференция (2016). — М.: ИИЕТ РАН, 2016. — С. 403–406.

10. *Кудрявцев В.В., Ильин В.А.* Эволюция научной радиофизической школы МПГУ: от ПРФЛ до УНРЦ // Институт истории естествознания и техники им. С.И. Вавилова. Годичная научная конференция, посвященная 85-летию ИИЕТ РАН, 2017. — С. 271–274.

11. *Кудрявцев В.В.* Научно-школьный подход как эффективный инструмент изучения истории отечественной радиофизики // Материалы II Всероссийской научно-методической конференции «Физико-математическое образование: проблемы и перспективы». — Казань, 2017. — С. 285–288.

12. *Кудрявцев В.В.* История отечественной радиофизики как эволюция научных школ // EUROPEAN RESEARCH: сборник статей XIV Международной научно-практической конференции. В 2 ч. Ч. 1. — Пенза: МЦНС «Наука и Просвещение». — 2018. — С. 11–14.

13. *Кудрявцев В.В.* История отечественной радиофизики в контексте научных школ // Материалы XIV Международной научно-практической конференции «Фундаментальные и прикладные науки сегодня, 20–21 февраля 2018 г., North Charleston, USA. Т. 1. — С. 4–11.

14. *Кудрявцев В.В.* О феномене научных школ в истории отечественной радиофизики // *Österreichisches Multiscience Journal (Innsbruck, Austria)*. — 2018. — Vol. 1. — № 4. — С. 14–19.

#### **Прочие публикации:**

1. *Кудрявцев В.В., Ильин В.А.* Избранные вопросы истории радиофизики. Т. I. — М.: ООО Издательство «Научтехлитиздат», 2011. — 276 с.

2. *Кудрявцев В.В., Ильин В.А.* Избранные вопросы истории радиофизики. Т. II. Современные достижения. — М.: ООО Издательство «Научтехлитиздат», 2014. — 112 с.

3. Ильин В.А., *Кудрявцев В.В.* История и методология физики: учебник для магистров. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Издательство Юрайт, 2014. — С. 410–474.

4. Ильин В.А., *Кудрявцев В.В.* История радиофизики. Модульный курс для магистров: учебное пособие. — М.: Изд-во МПГУ, 2017. — 320 с.

5. *Кудрявцев В.В.* Применение научно-школьного подхода к истории отечественной радиоастрономии // Исследования по истории физики и механики 2014–2015. — М.: Янус-К. — С. 314–348.

6. *Кудрявцев В.В.* Применение научно-школьного подхода к истории отечественной радиоастрономии [Электронный ресурс] // «Семь искусств». — 2017. — № 11(92). — Режим доступа: <http://7i.7iskusstv.com/2017-nomer11-kudrjavcev/>.

7. Ильин В.А., *Кудрявцев В.В.* Магистральные направления физики XXI века: Физика технологий будущего для будущих физиков и инженеров: Современная макрофизика. — М.: URSS, 2018. — 448 с.