

УДК 537.86

В. В. Кудрявцев, В. А. Ильин

ПОВОЛЖЬЕ – КУЗНИЦА НАУЧНЫХ ШКОЛ В ОТЕЧЕСТВЕННОЙ РАДИОФИЗИКЕ

Аннотация. Показано, что исторические процессы становления и развития радиофизики в нашей стране обусловлены в первую очередь деятельностью научных школ. Исследование их деятельности должно стать одним из эффективных подходов к изучению истории отечественной радиофизики.

Ключевые слова: радиотехника, история отечественной радиофизики, Нижегородская радиолaborатория, научная школа Л. И. Мандельштама – Н. Д. Папалекси, нижегородская радиофизическая школа.

V. V. Kudryavtsev, V. A. Il'in

VOLGA REGION – FORGE OF RESEARCH SCHOOLS IN RUSSIAN RADIO PHYSICS

Abstract. The historical processes of formation and development of radio physics in our country are first of all determined by the activity of research schools. The research of their activity must be one of the effective approaches to studying the history of Russian radio physics.

Key words: radio engineering, history of Russian radio physics, Nizhny Novgorod radio laboratory, research school of L. I. Mandel'shtam – N. D. Papalexi, Nizhny Novgorod radiophysical school.

Несмотря на то, что беспроводная телеграфия была изобретена А. С. Поповым в России в начале XX столетия, радиотехники (и тем более радиофизики) как отдельного научного направления в нашей стране еще не существовало. Да и технически радиотехника только начинала свой триумфальный путь. Так, перед Первой мировой войной в России не было ни специальных лабораторий, ни кафедр в высших учебных заведениях, которые решали бы радиотехнические задачи или готовили специалистов в этой области.

Положение изменилось после Октябрьской революции в связи с открытием Нижегородской радиолaborатории (рис. 1). Днем ее рождения считается 2 декабря 1918 г., когда В. И. Ленин подписал «Положение о Радиолaborатории с мастерской Народного Комиссариата почт и телеграфов». Тем самым интенсивное становление отечественной радиотехники и радиофизики началось в Поволжье. С Поволжским регионом связано и дальнейшее развитие этих научных направлений (вплоть до настоящего времени), чему и посвящена данная статья.

В Нижегородской радиолaborатории были собраны такие выдающиеся ученые, как М. А. Бонч-Бруевич, В. К. Лебединский, А. Ф. Шорин, Д. А. Ро-

жанский, В. П. Вологдин, А. М. Кугушев, А. А. Пистолькорс, О. В. Лосев, С. И. Шапошников и др. Они изучали вопросы генерации и использования высокочастотных незатухающих колебаний для передачи голоса человека, разрабатывали коротковолновые передатчики и остронаправленные антенны, преподавали в Нижегородском университете, организовывали радиотехнические выставки, издавали технические журналы (так, сотрудник лаборатории В. К. Лебединский был редактором первого советского радиотехнического журнала «Телеграфия и телефония без проводов») и др.

Наиболее многогранной по оригинальности и актуальности радиотехнических исследований была лаборатория М. А. Бонч-Бруевича, в которой создавались новые типы генераторных ламп и радиотелефонные станции. Под его руководством был разработан оригинальный тип приемных ламп ПР-1 и подготовлен их массовый выпуск. Созданная М. А. Бонч-Бруевичем теория электронных ламп легла в основу дальнейших разработок. В январе 1920 г. он изготовил генераторную лампу с массивным алюминиевым анодом, позволявшим рассеивать большую мощность. Выдающимся достижением М. А. Бонч-Бруевича и его сотрудников стало открытие в 1927 г. в Москве радиостанции «Новый Коминтерн» мощностью 40 кВт, оснащенной созданными ими радиолампами.



Рис. 1. Здание Нижегородской радиолaborатории

За время своего существования (1918–1928) Нижегородская радиолaborатория не только стала первым в России радиотехническим научно-исследовательским центром, но и заложила основы отечественной радиопромышленности [1].

В 30–40-е гг. XX столетия была создана нелинейная теория колебаний, сконструированы разнообразные СВЧ-устройства (например, магнетроны и

клистроны), радиолокационные и радиотехнические системы. Эти научные и практические достижения послужили стимулом для превращения радиофизики в самостоятельное научное направление, обладающее собственным предметом и методами исследования. В процессе ее формирования в нашей стране важную роль сыграли экономические, социокультурные и военные аспекты, а также искренний энтузиазм определенной группы ученых.

Приведем фрагмент из интервью известного радиофизика А. В. Гапонова-Грехова [2]: «Примерно в начале 30-х годов... в Горький поднимать региональную науку приехали ученики академика Леонида Исааковича Мандельштама, выпускники физического факультета Московского университета Александр Александрович Андронов и моя мать, Мария Тихоновна Грехова, – зачинатель исследований высокочастотных электромагнитных колебаний. Позже к ним присоединились занимавшийся решением задач в области оптики и статистической радиофизики Габриэль Семенович Горелик и... академик Виталий Лазаревич Гинзбург». Для успешного развития науки в Нижнем Новгороде необходимо было совместить собственные научные интересы ученых с военными и общественными запросами страны, поэтому, как писал М. А. Миллер, «...хорошо было бы придумать Сверхновую науку с весомой значимостью, удовлетворяющую всем притязательным требованиям. Новая наука должна была... вписаться в радиотехнические традиции, оставленные бывшей Нижегородской Радиолaborаторией!» [3]. Такой наукой и стала радиофизика.

Великая отечественная война (в том числе и подготовка к ней) оказали значительное влияние на развитие радиофизики в СССР. Приведем лишь один пример. Научно-исследовательской группой Ю. Б. Кобзарева в 1937 г. был разработан импульсный метод радиолокации применительно к задаче обнаружения самолетов на больших расстояниях. Незадолго до начала войны в лаборатории А. А. Слуцкого на основе теории генерации мощных колебаний в дециметровом диапазоне радиоволн были созданы генераторы СВЧ-колебаний на многорезонаторных магнетронах. Это позволило реализовать в Харькове первый в нашей стране СВЧ-радиолокатор (1938), работающий на волне 64 см.

Результаты этих и других работ способствовали тому, что советская система ПВО во время Великой Отечественной войны была оснащена новой радиолокационной техникой. Вместе с тем появление радиолокации потребовало освоения новых диапазонов частот и разработки общих физических принципов генерации, излучения, распространения и приема радиоволн, модуляции и кодирования радиосигналов и т.д. Это позволило создать различные элементы радиотехнической аппаратуры как в длинноволновых, так и в коротковолновых диапазонах, особенно СВЧ.

Таким образом, диалектически связанные внутренние (интерналистские), и внешние (экстерналистские) факторы способствовали рождению радиофизики как науки. Этот вопрос до сих пор не обсуждался в историко-научной литературе и поэтому, на наш взгляд, должен стать предметом отдельного исследования.

Исторически сложилось так, что становление и развитие радиофизики в нашей стране обусловлены в первую очередь деятельностью научных школ. Доказательство этого тезиса – главная задача данной статьи. Начнем с небольшой исторической справки о зарождении школ в науке.

Первые научные школы появились еще в древней Греции как форма передачи идей и знаний от поколения к поколению через учеников как стихийно, так и целенаправленно (например, школы Пифагора, Гиппократ, Платона, Аристотеля и т.д.). В дальнейшем научные школы как форма организации коллективной научной деятельности возникли на базе университетов вокруг ученых-экспериментаторов в виде «школ экспериментального мастерства». Одной из первых стала научная школа Ю. Либиха – основателя современной органической химии.

Начало возникновения научных школ в физике приходится на последнюю четверть XIX в. Согласно Ф. М. Сабировой, «именно в это время форма коллективного творчества становится действительно необходимой для ее дальнейшего прогресса, и одной из эффективных форм оказались научные школы» [4]. Распространение научных школ в нашей стране обусловлено особенностями ее культурно-исторического развития. В. И. Вернадский писал: «Вся работа русского общества, происходившая в области научного творчества, стояла вне кругозора православного духовенства, представляла для него чуждую область, в которой оно не могло разобраться... Служители русской церкви не могли иметь авторитета в своих возражениях... Этим путем достигалась в России та внутренняя свобода исследования, которая в такой мере отсутствовала в научной культурной среде Запада, где духовенство всегда было сильно своими представителями, активно работавшими в научных исканиях и изменявшими благодаря этому отношение к церкви и к христианскому учению широких слоев научных работников» [5].

В настоящее время феномен научной школы трактуется по-разному (Ф. М. Сабирова, В. К. Криворученко, Ю. А. Храмов и др.). Академик А. А. Андронов писал: «Научной школой я назову группу научных работников, возглавляемых одним крупным ученым или несколькими ведущими фигурами, объединенных областью научной работы и ее методом, дающих в науке нечто новое, оригинальное, характерное для всех работников данной школы» [6]. По мнению историка и методолога науки Б. М. Кедрова, научная школа – это прежде всего «структурная ячейка современной науки, существующая внутри самой науки и позволяющая концентрировать усилия большой группы сравнительно молодых ученых под непосредственным руководством основателя данного научного направления на решении определенной, достаточно ограниченной области актуальных проблем в той или иной отрасли науки» [7].

Обсудим отличительные особенности научных школ, позволяющие считать их эффективной формой организации и кооперации научных исследований. К важнейшим признакам научной школы относятся:

- существование нескольких поколений в связке: учитель – ученик, объединяемых общим, ярко выраженным лидером, авторитет которого признан научным сообществом;
- общность научных интересов, определяемых продуктивной программой исследований;
- единый исследовательский подход, отличающийся от других, принятых в данной области;
- постоянный рост квалификации участников школы и воспитание в процессе проведения исследований самостоятельно и критически мыслящих ученых;

– поддержание и расширение интереса (с помощью публикаций, семинаров, конференций) к теоретико-методологическим проблемам данного направления науки [8].

Особо следует отметить нравственное совершенство научных школ. Участник научной школы Л. И. Мандельштама – Н. Д. Папалекси С. М. Рытов писал: «Леонид Исаакович не принадлежал к тем, кто любит поучать и морализировать. Вместе с тем я не знаю лучшего воспитателя молодежи. Он воспитывал просто личным примером» [9].

Научные школы являются эффективной формой исследовательской деятельности, так как позволяют объединить группу единомышленников под руководством авторитетного лидера и сфокусировать их усилия на решении определенной научной проблемы. При этом обеспечиваются преемственность поколений, высокий уровень исследований, а также формируются определенный стиль работы, научные традиции, морально-нравственные позиции и др. Впитывая дух и идеологию научной школы, ее участники могут создавать собственные школы в русле определенного научного направления. В связи с этим научную школу часто отождествляют с научным направлением, объединившим интересы исследователей. Указанные особенности выгодно отличают научную школу от привычной связки «профессор – ассистенты».

Успешное становление и развитие радиофизики в СССР в первую очередь связаны со школой Л. И. Мандельштама – Н. Д. Папалекси и нижегородской радиофизической школой. Кратко обсудим состав этих школ и основополагающие результаты их научной деятельности.

Высокий научный и педагогический уровень, богатство мыслей и идей, личные качества позволили Л. И. Мандельштаму (рис. 2) и Н. Д. Папалекси (рис. 3) создать большую и эффективную научную школу в МГУ (1925–1944). В нее вошли талантливые молодые ученые, аспиранты и студенты: А. А. Андронов, А. А. Витт, Г. С. Горелик, М. А. Дивильковский, Г. Д. Малюжинец, В. В. Мигулин, С. М. Рытов, П. А. Рязин, С. П. Стрелков, К. Ф. Теодорчик, М. И. Филиппов, С. Э. Хайкин (теория колебаний), Г. С. Ландсберг, П. А. Бажулин (оптика), М. А. Леонтович, И. Е. Тамм, С. П. Шубин (теоретическая физика), И. М. Борушко, К. Э. Виллер, В. П. Гуляев, Э. М. Рубчинский, Е. Я. Щеголев (радиофизика), М. А. Исакович (молекулярная физика) и др.

Научной школой Л. И. Мандельштама – Н. Д. Папалекси был получен ряд фундаментальных результатов в области теории нелинейных колебаний: построена строгая теория захватывания (А. А. Андронов, А. А. Витт и др.); дан анализ поведения колебательных систем для случая медленного изменения параметров (Л. И. Мандельштам, А. А. Андронов, М. А. Леонтович); выяснены условия, при которых периодическое изменение реактивных параметров системы приводит к возбуждению в ней колебаний с частотой, близкой к собственной частоте системы и жестко связанной с частотой изменения параметра (А. А. Андронов, М. А. Леонтович); разработана общая теория резонанса в линейных системах с периодически меняющимися параметрами (Г. С. Горелик); открыты и исследованы комбинационный резонанс и комбинационная синхронизация (В. В. Мигулин), резонанс 2-го рода в системах с несколькими степенями свободы (С. М. Рытов) и др.



Рис. 2. Леонид Исаакович Мандельштам



Рис. 3. Николай Дмитриевич Папалекси

Перечисленные выше результаты стали возможными, как отмечает В. В. Мигулин, «благодаря тому общему подходу к колебательным явлениям, который был развит Л. И. Мандельштамом. Эти идеи послужили фундаментом для всего дальнейшего развития работ созданной им школы теории колебаний, заслужившей мировое признание своими исследованиями нелинейных колебательных систем не только в радиотехнике, но и в механике, акустике и теории регулирования» [10].

Подход к трактовке колебательных процессов в различных системах, развитый научной школой Л. И. Мандельштама – Н. Д. Папалекси, стал надежной теоретической базой радиофизики и успешного построения теории и методов расчета многих радиофизических устройств. Впоследствии ряд их учеников создали собственные научные школы в области радиофизики, обеспечив тем самым дальнейшее развитие этой науки. Так, ученик Л. И. Мандельштама – академик А. А. Андронов (рис. 4) – стал одним из организаторов всемирно известной нижегородской радиофизической школы.

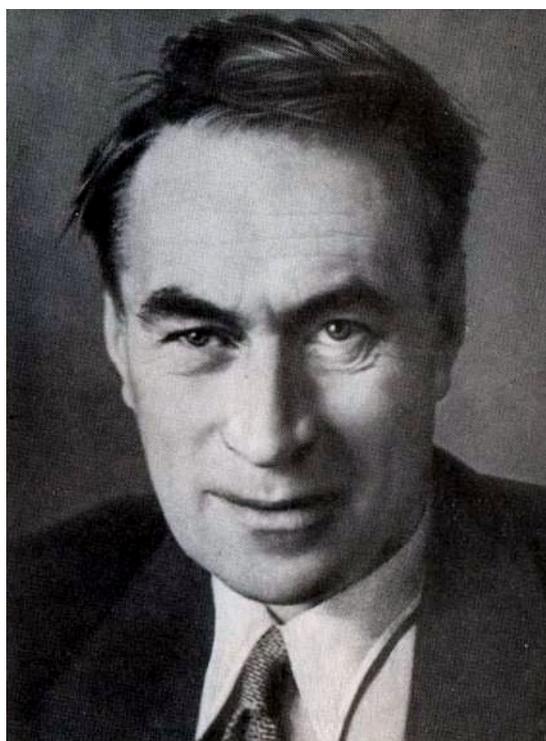


Рис. 4. Александр Александрович Андронов

Решающее значение для формирования А. А. Андропова как ученого имела его учеба в аспирантуре в НИИФ МГУ (1925–1929) под руководством Л. И. Мандельштама. Итогом учебы стала диссертация «Предельные циклы Пуанкаре и теория автоколебаний», посвященная важнейшим вопросам теории нелинейных колебаний. Для обозначения незатухающих колебаний, генерируемых системами, обладающими трением (сопротивлением) подобно часам или ламповому генератору, А. А. Андронов ввел новый термин – автоколебания – и дал ему точное математическое определение. Как писал

Г. С. Горелик, «Его работы способствовали больше, чем чьи-либо другие, превращению учения об автоколебаниях и родственных им явлениях из набора немногих отрывочных результатов и расчетных рецептов в новую, прекрасную главу теории колебаний» [11].

В Горьком вокруг А. А. Андропова сформировалась группа молодых ученых и преподавателей. В разные годы с ним работали: А. Г. Майер, Е. А. Леонтович, М. Я. Широбоков, А. Г. Самойлович, С. В. Беллюстин, Н. П. Власов, Я. Н. Николаев, Н. Н. Баутин, Н. В. Бутенин, Н. А. Железцов, Ю. И. Неймарк, С. А. Жевакин и др.

В 1945 г. в Горьковском государственном университете благодаря усилиям А. А. Андропова, М. Т. Греховой, Г. С. Горелика был создан первый в СССР радиофизический факультет. Первым его деканом стала М. Т. Грехова, а А. А. Андронов возглавил кафедру теории колебаний и автоматического регулирования. Научной базой подготовки студентов был Горьковский исследовательский физико-технический институт (ГИФТИ), а впоследствии – Научно-исследовательский радиофизический институт (НИРФИ, с 1956 г.), Научно-исследовательский институт прикладной математики и кибернетики (НИИ ПМК, с 1964 г.) и НИИ механики (с 1974 г.). Впоследствии НИРФИ разделился, и новый академический Институт прикладной физики (ИПФ) возглавил А. В. Гапонов-Грехов, а спустя годы отпочковавшийся от ИПФ Институт физики микроструктур РАН – С. В. Гапонов.

Работы А. А. Андропова и его школы уже в 1930-е гг. получили широкое признание как в СССР, так и за рубежом. Результаты исследований вошли в изданную в 1935 г. монографию «Новые исследования в области нелинейных колебаний», написанную совместно с Л. И. Мандельштамом, Н. Д. Папалекси, А. А. Виттом, Г. С. Гореликом и С. Э. Хайкиным, и в книгу «Теория колебаний». Эта книга стала настольной для поколений будущих радиофизиков. Многочисленные ученики А. А. Андропова продолжают исследования по теории колебаний, динамике машин и качественной теории дифференциальных уравнений, развивают его научные идеи и делают их достоянием сообщества физиков, математиков, инженеров.

Любопытно отметить, что на территории Поволжья, помимо Нижегородской радиолaborатории и нижегородской радиофизической школы, сформировались и другие крупные отечественные центры в области этой науки. Достаточно привести пример научной школы Д. И. Трубецкого в Саратовском государственном университете. В настоящее время она является лидером в области исследований нелинейных и нестационарных явлений, закономерностей сложной динамики, включая динамический хаос и образования структур, в различных автоколебательных распределенных и сосредоточенных системах (в том числе радиофизической природы), в моделях экологии, биологии и социальных наук. Перефразируя слова М. А. Миллера, можно сказать, что в Поволжском районе «расцвели засейки, оставшиеся от знаменитой и плодоносящей Нижегородской радиолaborатории» [3].

Как показывает история, дальнейшее развитие радиофизики связано с открытием новых явлений, созданием новых радиофизических приборов и устройств, разработкой математического аппарата новой науки. При этом некоторые научные и практические применения радиофизики составили основу ее новых разделов (радиоспектроскопия, квантовая электроника, радиоастрономия, статистическая радиофизика и др.). Историю их формирования и раз-

вития можно исследовать, прибегнув к анализу деятельности ряда отечественных научных школ. Подобный подход был развит известным историком науки Ю. А. Храмовым применительно к некоторым разделам современной физики. Он рассматривает научную школу как своеобразное неформальное творческое объединение ученых, возникающее в рамках отдельных научных направлений [12]. Действительно, с достижениями научных школ связано возникновение и развитие важнейших направлений современной фундаментальной науки: атомной и ядерной физики (школы Э. Резерфорда, Э. Ферми, И. В. Курчатова, Э. Лоуренса), физики полупроводников (школы А. Ф. Иоффе, Б. М. Вула, Ж. И. Алферова), физики низких температур (школы Х. Камерлинг-Оннеса, П. Л. Капицы), квантовой механики (школы М. Борна, Н. Бора, В. Паули) и др.

Какие же научные направления радиофизики можно связать с деятельностью научных школ?

- Радиотехника (Нижегородская радиолaborатория, научные школы А. А. Чернышева, И. Г. Фреймана и др.).

- Теория нелинейных колебаний (шире – нелинейной динамики) (научные школы Л. И. Мандельштама, Н. Д. Папалекси, А. А. Андропова, В. Л. Гинзбурга, Д. И. Трубецкова и др.).

- Распространение радиоволн, антенная техника (научные школы М. В. Шулейкина, Б. А. Введенского, А. А. Пистолькорса и др.).

- Радиоспектроскопия, нелинейная и когерентная оптика, СВЧ-электроника (Казанская научная школа магнитной радиоспектроскопии, научные школы В. К. Аркадьева, Р. В. Хохлова и С. А. Ахманова, Н. Д. Девяткова, М. Б. Голанта, проблемная радиофизическая лаборатория МПГУ и др.).

- Радиоастрономия и радиолокация (научные школы Д. А. Рожанского, Ю. Б. Кобзарева, В. В. Виткевича, отдел радиоастрономии И. С. Шкловского, радиолокационная группа В. А. Котельникова и др.).

Исследование деятельности отечественных научных школ в радиофизике можно провести на основе следующих параметров:

- краткая биография лидера научно-исследовательского коллектива;
- основополагающие результаты, полученные научной школой;
- выдающиеся ученики и сфера их научного творчества;
- социокультурные аспекты деятельности научной школы.

Последний из указанных параметров требует некоторого разъяснения. Высокий социокультурный статус научных школ в радиофизике связан с тем, что многие открытия и изобретения, совершенные в стенах отечественных (и зарубежных) радиофизических школ, обеспечили базис для формирования и развития современного постиндустриального общества. Прежде всего к таким изобретениям относятся: электронная лампа, транзистор, интегральная схема, микропроцессор, мазер и лазер, гетероструктурный полупроводник и т.д.

Кроме того, результаты научной деятельности радиофизических школ находят широкое применение в военной технике, оборонных технологиях, радиопромышленности. В нашей стране созданы уникальные радиофизические концерны, которые занимаются разработкой, производством и модернизацией зенитно-ракетного и радиолокационного оборудования, систем разведки и управления. К ним можно отнести ОАО «Концерн “Вега”», ОАО «МНИИРЭ “Альтаир”», ОАО «Концерн ПВО “Алмаз-Антей”» и др.

Исследование их научной деятельности чрезвычайно актуально для выработки стратегии дальнейшего развития и совершенствования военного потенциала России.

Резюмируя, отметим, что становление и развитие отечественной радиофизики в целом и некоторых важнейших ее направлений инициировано научными школами. Исследование их деятельности должно стать одним из эффективных подходов к изучению истории отечественной радиофизики. На наш взгляд, актуальными в историко-научной литературе вопросами являются систематизация и обобщение материалов об отечественных (и зарубежных) научных школах в радиофизике, разработка их классификации по определенным основаниям, анализ деятельности радиофизических концернов, научно-производственных предприятий, лабораторий, военных комплексов.

В заключение хотелось бы привести высказывание академика А. В. Гапонова-Грехова: «В русской науке важнейшую роль играло это уникальное явление – научные школы. В них наилучшим образом сочетается индивидуальное творчество отдельных личностей с коллективной исследовательской работой. Живые научные школы с их лидерами – главный резерв для развития стратегических научных направлений» [2].

Список литературы

1. НРЛ – технопарк в оригинале. От идеи – до воплощения / ННГУ им. Н. И. Лобачевского. – Н. Новгород, 2008. – 140 с.
2. **Гапонов-Грехов, А. В.** И в XXI веке в авангарде будет физика / А. В. Гапонов-Грехов // Вестник РАН. – 2003. – Т. 73, № 1. – С. 28–32.
3. **Миллер, М. А.** Избранные очерки о зарождении и взрослении радиофизики в горьковско-нижегородских местах / М. А. Миллер. – Н. Новгород : ИПФ РАН, 1997.
4. **Сабирова, Ф. М.** Развитие организационных форм физической науки (от античности до середины XX века) / Ф. М. Сабирова. – Казань : Изд-во МОиН РТ, 2010. – 192 с.
5. **Вернадский, В. И.** Труды по истории науки в России / В. И. Вернадский. – М. : Наука, 1988. – 340 с.
6. **Андронов, А. А.** Собрание сочинений / А. А. Андронов. – М. : Изд-во АН СССР, 1956. – 538 с.
7. Школы в науке. – М. : Наука, 1977. – 524 с.
8. **Криворученко, В. К.** Научные школы – важнейший фактор развития современной науки / В. К. Криворученко. – URL: http://www.mosgu.ru/nauchnaya/scientificschools/about/Krivoruchenko_factor/
9. **Кудрявцев, В. В.** Избранные вопросы истории радиофизики : учеб. пособие для студентов высших педагогических учебных заведений / В. В. Кудрявцев, В. А. Ильин. – М. : Научтехлитиздат, 2011. – 273 с.
10. **Мигулин, В. В.** Л. И. Мандельштам и становление советской физики / В. В. Мигулин // Природа. – 1979. – № 5. – С. 44–54.
11. **Горелик, Г. С.** Памяти А. А. Андропова / Г. С. Горелик // Успехи физических наук. – 1953. – Т. XLIX, № 3. – С. 449–468.
12. **Храмов, Ю. А.** История физики / Ю. А. Храмов. – Киев : Феникс, 2006. – 240 с.

References

1. *NRL – tekhnopark v originale. Ot idei – do voploshcheniya* [NRL – technological park in the original. From idea to implementation]. NNGU im. N. I. Loba-chevskogo. Nizhny Novgorod, 2008, 140 p.

2. Gaponov-Grekhov A. V. *Vestnik RAN* [Bulletin of the Russian Academy of Sciences]. 2003, vol. 73, no. 1, pp. 28–32.
3. Miller M. A. *Izbrannye ocherki o zarozhdenii i vzroslenii radiofiziki v gor'kovskonoizhegorodskikh mestakh* [Selected works on origin and development of radio physics in Gorky-Nizhny Novgorod area]. Nizhny Novgorod: IPF RAN, 1997.
4. Sabirova F. M. *Razvitie organizatsionnykh form fizicheskoy nauki (ot antichnosti do serediny XX veka)* [Development of organizational form of physical science (from antiquity to middle XXth century)]. Kazan: Izd-vo MOiN RT, 2010, 192 p.
5. Vernadskiy V. I. *Trudy po istorii nauki v Rossii* [Works on science history in Russia]. Moscow: Nauka, 1988, 340 p.
6. Andronov A. A. *Sobranie sochineniy* [Collected works]. Moscow: Izd-vo AN SSSR, 1956, 538 p.
7. *Shkoly v nauke* [Schools in science]. Moscow: Nauka, 1977, 524 p.
8. Krivoruchenko V. K. *Nauchnye shkoly – vazhneyshiy faktor razvitiya sovremennoy nauki* [Research schools – important factor of modern science development]. Available at: http://www.mosgu.ru/nauchnaya/scientificschools/about/Krivoruchenko_factor/
9. Kudryavtsev V. V., Il'in V. A. *Izbrannye voprosy istorii radiofiziki : ucheb. posobie dlya studentov vysshikh pedagogicheskikh uchebnykh zavedeniy* [Selected problems of radio physics history: tutorial for pedagogical university students]. Moscow: Nauchtekhlitizdat, 2011, 273 p.
10. Migulin V. V. *Priroda* [Nature]. 1979, no. 5, pp. 44–54.
11. Gorelik G. S. *Uspekhi fizicheskikh nauk* [Progress of physical sciences]. 1953, vol. XLIX, no. 3, pp. 449–468.
12. Khramov Yu. A. *Istoriya fiziki* [History of physics]. Kiev: Feniks, 2006, 240 p.

Кудрявцев Василий Владимирович

кандидат педагогических наук, ведущий редактор учебной литературы по физике, издательский центр «Вентана-Граф» (Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, 1)

E-mail: kudV-V@yandex.ru

Kudryavtsev Vasilii Vladimirovich

Candidate of pedagogical sciences, senior editor of academic literature in physics, “Ventana-Graf” publishing center (1 Timiryazevskaya street, Moscow, Russia)

Ильин Вадим Алексеевич

доктор физико-математических наук, профессор, кафедра общей и экспериментальной физики, Московский педагогический государственный университет (Россия, г. Москва, ул. Малая Пироговская, 1)

E-mail: minjar@mail.ru

Il'in Vadim Alekseevich

Doctor of physical and mathematical sciences, professor, sub-department of general and experimental physics, Moscow Pedagogical State University (1 Malaya Pirogovskaya street, Moscow, Russia)

УДК 544.723.5, 620.3

Кудрявцев, В. В.

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