

Радиофизические исследования в Украине

А. А. Костенко, А. И. Носич, В. М. Яковенко

*Институт радиофизики и электроники НАН Украины им. А. Я. Усикова,
Украина, 61085, г. Харьков, ул. Ак. Проскуры, 12
E-mail: kostenko@ire.kharkov.ua*

Статья поступила в редакцию 5 января 2004 г.

В работе представлена история радиофизических исследований в Украине с конца XIX столетия до настоящего времени. Отмечена роль крупнейших ученых-радиофизиков в основании научных школ и формировании научных направлений. В контексте социально-политических преобразований и экономических реформ показаны основные этапы развития радиофизики в вузах, академических и отраслевых институтах Украины.

Робота знайомить з історією радіофізичних досліджень в Україні з кінця XIX сторіччя до сьогодення. Наголошується на ролі найвідоміших вчених-радіофізиків у зачаткуванні наукових шкіл та формуванні наукових напрямків. У контексті соціально-політичних перетворень та економічних реформ показані основні етапи розвитку радіофізики у вузах, академічних і галузевих інститутах України.

В современном представлении понятие “радиофизика” обобщает целый ряд разделов физики, в которых в той или иной степени рассматриваются процессы и явления, связанные с электромагнитными волнами и их взаимодействием с объектами и средами различной природы [1]. Радиофизика представляет собой достаточно сложную и разветвленную сеть научных направлений, которые в своем развитии имеют тенденцию проникновения в другие области естествознания. Границы применимости радиофизических методов первоначально определялись интервалом частот электромагнитных волн $10^4 \div 10^{10}$ Гц, но в настоящее время этот диапазон простирается от сверхнизких частот (единицы Гц) до γ -излучения (10^{20} Гц). Следует отметить, что наряду с традиционными, “чисто радиофизическими” разделами физики, такими как теория колебаний и волн, высокочастотная электродинамика, статистическая радиофизика, физика СВЧ, распространение радиоволн, радио-

спектроскопия и др., методы и средства современной радиофизики нашли самое широкое распространение в электронике СВЧ, квантовой и релятивистской электронике, микроэлектронике, физике твердого тела и плазмы, оптике, биофизике, радиоастрономии. В свою очередь, привлечение методов и идей, заимствованных из других областей физики, привело к появлению новых научных направлений (например, квазиоптики, радиоголографии, наноэлектроники). Трудно переоценить значение радиофизики в развитии таких отраслей техники, как радиолокация, радиосвязь, телевидение, научное приборостроение и др. Именно возможность реализации важнейших прикладных проблем, в первую очередь, в интересах военно-промышленного комплекса, начиная со второй мировой войны, стимулировало крупнейшие капиталовложения и, соответственно, бурное развитие многих направлений радиофизики в экономически развитых странах Европы, в США и в Японии.

Аналогичная научно-техническая политика имела место и в СССР [2], где широкомасштабные радиофизические исследования проводились в рамках важнейших комплексных научно-технических программ по созданию ядерного оружия, разработке ракетно-космического комплекса, глобальных систем связи, исследований в области термоядерного синтеза и т. д. При этом украинские ученые, инженеры и конструкторы внесли значительный вклад в осуществление этих программ – в Украине были сосредоточены многие предприятия военно-промышленного комплекса, академические институты физического профиля, отраслевые НИИ, оснащенные современной технологией, и вузы, готовившие высококвалифицированных специалистов [3].

Развитие радиофизики и электроники в Украине происходило в сложный и неоднозначный период, и оценка наиболее ярких достижений украинских ученых, их места в мировой науке не может быть получена объективно без учета социально-политических реформ и экономических факторов. Этот аспект приобретает первостепенное значение для научных проблем и отраслей промышленности, которые определяли политическую доктрину государства и его военный потенциал. В своей работе авторы выделили три раздела, соответствующие основным этапам становления и развития рассматриваемых научных направлений:

- конец XIX – середина XX вв., когда были осуществлены первые опыты по изучению электромагнитных волн, сделаны пионерские открытия, заложен фундамент научных школ и центров подготовки специалистов;

- послевоенный период вплоть до развала Советского Союза в 1991 г., когда в условиях противостояния двух систем и беспрецедентной гонки вооружений приоритетное финансирование работ по оборонной тематике стимулировало решение важнейших научных проблем, создание академических и отраслевых институтов, конструкторских бюро и промышленных предприятий;

- период после провозглашения Украиной независимости в 1991 г., когда тотальный упадок экономики, разрыв экономических связей

с Россией и кризис в социально-политической сфере привели к резкому сокращению бюджетного финансирования украинской науки и лишили профессию ученого престижности и привлекательности.

Статья базируется на литературе по истории науки, воспоминаниях современников, энциклопедических изданиях, обзорных работах. Неоценимую помощь в подготовке материала оказали консультации ведущих ученых-радиофизиков Украины, которые позволили уточнить отдельные факты становления различных научных школ, особенности развития научных направлений и современный уровень проблемы. Тем не менее в рамках журнальной статьи оказалось невозможным отразить в полной мере детальную картину столь обширной области научных знаний. В частности, мы преднамеренно отказались от упоминания многих исследователей и разработчиков, которое при ограниченном объеме публикации неизбежно привело бы к формальному представлению материала в виде перечисления фамилий, фактов, событий. В работе упоминаются только ушедшие из жизни ученые и организаторы науки, которые оставили выдающийся след в развитии украинской радиофизики и электроники, – основатели научных школ и новых направлений исследований, авторы открытий и пионерских работ.

Формирование и развитие радиофизических исследований в Украине до середины XX столетия

Период конец XIX – начало XX вв. характеризовался интенсивным развитием в области естественных наук, революционными открытиями, появлением новых научных направлений, трансформацией основ научного мировоззрения. Можно считать, что теоретическая радиофизика берет начало в известном “Трактате об электричестве и магнетизме” (1873) Дж. Максвелла, хотя эта работа во многом опиралась на идеи и концепции М. Фарадея, а также на экспериментальные исследования и математические открытия других выдающихся естествоиспытателей XIII-XIX вв.

В 1888 г. Г. Герц провел свои знаменитые опыты, в которых убедительно доказал единство природы электромагнитных и световых волн. Эксперименты Герца были по своей сути первыми фундаментальными работами по изучению свойств электромагнитных волн и стимулировали активное изучение разнообразных практических приложений.

Формирование научных традиций в Украине происходило в общей системе развития естествознания в Российской империи, в отсутствие барьеров между учеными украинского, российского, а также западноевропейского происхождения. Развитие науки в то время было связано в основном с университетами и политехническими институтами. Работа российских профессоров в украинских университетах, как и переезд украинских ученых в российские города, в то время были обычным явлением. В учебных заведениях научные исследования играли второстепенную роль, носили фрагментарный характер и в первую очередь обслуживали учебный процесс. Наиболее яркие достижения были получены отдельными талантливыми учеными-одиночками, которые, как правило, получали образование не только в российских, но и в западноевропейских университетах. Подобные работы получили развитие в Харьковском, Киевском и Новороссийском (Одесском) университетах, где к тому времени сформировались коллективы физических кафедр, и вполне соответствовали передовым научным идеям [4, 5].

Революция 1917 г. привела к известному кризису науки – сотни ученых скончались от голода и лишений или эмигрировали из бывшей России, а многие из оставшихся не приняли Советскую власть. Только в декабре 1921 г. появился декрет Совнаркома “Об улучшении быта ученых”, что ознаменовало начало периода ограниченной поддержки науки и образования [6]. В Украине этот период имел свои особенности, связанные с образованием в Киеве Украинской академии наук (с 1921 г. – Всеукраинская академия наук – ВУАН) на основании закона, утвержденного 14 ноября 1918 г. гетманом П. Скоропадским. Статус и структура Академии соответствовала концеп-

ции В. И. Вернадского, который был приглашен для организации широкой культурно-просветительной работы в Украине, в том числе по созданию Академии наук. Вернадский, 12 лет являясь членом Российской академии наук (с 1725 по 1917 г. – Петербургская академия наук), имел большой опыт академической работы и считал, что Академия наук должна иметь государственный статус, включать в себя научно-исследовательские институты различного профиля и обеспечивать развитие научных направлений как теоретического, так и прикладного характера. Тем не менее примерно до 1928 г. ведущую роль в ВУАН играл историко-филологический отдел, а деятельность физико-математического направления была сосредоточена на изучении и рациональном использовании природных богатств Украины, математике и механике, геофизике, химии, биологии, ботанике, зоологии. Исследования в области физики практически не проводились ввиду отсутствия в Академии физических лабораторий, институтов, необходимого оборудования и производственных площадей [7]. В 1921-1922 гг. в Украине была проведена реформа высшего образования, в результате которой университеты были реорганизованы в институты народного образования. В этих условиях были созданы структуры нового типа – научно-исследовательские кафедры, на которых научная работа, освобожденная от задач учебного процесса, должна была способствовать сохранению научных направлений, которые уцелели к тому времени. Первые такие кафедры, созданные при Киевском политехническом институте (в настоящее время Национальный технический университет Украины – НТУУ-КПИ) и Харьковском институте народного образования (в настоящее время Харьковский национальный университет – ХНУ)¹, сыграли положительную роль в проведении исследований и формировании новых научных школ [8]. Однако они оказались в значительной мере формальными структурами, не имели необходимых средств и экспериментальной базы и не смогли объединить

¹Здесь и далее при упоминании названий учебных заведений и научных организаций мы будем придерживаться их современных названий.

усилия ученых разрозненных коллективов для решения важнейших исследовательских задач. Только в 1933 г. в Украине были восстановлены университеты. В этом смысле научная политика в РСФСР выгодно отличалась: в послереволюционный период там были сохранены классические университеты и значительно раньше было принято решение об организации специализированных научно-исследовательских институтов и лабораторий с современным оборудованием – Нижегородской радиолоборатории, Центральной радиолоборатории (Ленинград), Ленинградского физико-технического института и др. В результате многие ученые переехали из Украины в Москву и Ленинград, как только условия для научной работы и жизни там стали улучшаться.

Культурная революция (1929-1933 гг.) характеризовалась “большевизацией” и “огосударствлением” Академии наук. В результате выборов 1929 и 1932 гг. число действительных членов Академии наук СССР (преобразована из Российской академии в 1925 г.) возросло вдвое. При этом в 1929 г. впервые академиками стали государственные чиновники и партийные функционеры: Н. И. Бухарин, Г. М. Кржижановский и др. В 1930 г. Политбюро, рассматривая вопросы реорганизации Академии, постановило взять курс на развитие физико-математического отделения и постепенную ликвидацию гуманитарных отделений. В 1933 г. АН СССР была подчинена Совнаркому, а в 1934 г. – переведена в Москву. Аналогичная политика имела место в ВУАН, где в результате выборов 1929 г. и структурной реорганизации вновь избранные академики-коммунисты заняли руководящие посты. В это время научно-исследовательская работа стала доминирующим направлением деятельности ВУАН. Это соответствовало общей тенденции реорганизации государственного управления наукой, которая проводилась в масштабах Советского Союза. В 1930 г. в Госплане СССР была создана Секция науки, на которую были возложены функции планирования научно-исследовательских работ во всеоюзном масштабе [6]. В 1934 г. на сессии ВУАН было принято решение считать основной структурной единицей институт с необходи-

мым штатом и финансированием, и уже в 1936 г. в Академии насчитывалось 26 научно-исследовательских институтов [7]. При этом для высококвалифицированных сотрудников вводилась система льгот и привилегий. В отличие от западноевропейских государств в Советском Союзе научная работа практически была отделена от преподавания в вузах. Кроме многочисленных академических научно-исследовательских институтов, возникли лаборатории и институты, подчиненные министерствам. По-видимому, наиболее важную роль здесь сыграл Наркомат тяжелой промышленности (НКТП) и его Научный отдел, в котором работали наиболее образованные из советских деятелей, Н. И. Бухарин и Г. М. Кржижановский, А. И. Рыков, М. П. Томский и др. Именно тогда стала стихийно формироваться трехуровневая система организации науки в СССР, унаследованная Украиной и сохранившая основные черты до сегодняшнего дня – университетская наука, академическая (фундаментальная) и отраслевая (прикладная).

В 1880-1894 гг. в ХНУ Н. Д. Пильчиков (1857-1908) начал свои опыты в области физики газового разряда и его разновидности – молнии. После перерыва, связанного с работой в Новороссийском университете (в настоящее время Одесский национальный университет – ОНУ), он возобновил свою деятельность в Харьковском технологическом институте. Здесь в 1902-1908 гг. получили развитие его всесторонние исследования по беспроволочной телеграфии, автоматической регистрации грозных разрядов, передаче и приему радиосигналов между движущимися и неподвижными объектами. Основным направлением научной деятельности А. П. Грузинцева (1851-1919), который работал в ХНУ с 1881 по 1919 г., были теоретическая оптика и электродинамика. В своих работах он целенаправленно стремился к построению электромагнитной теории света, основанной на описании распространения плоских световых волн в различных средах при помощи уравнений электромагнитного поля.

Огромное значение для раннего периода радиофизических исследований в Украине сыграл выдающийся физик Д. А. Рожанский (1882-1936) [9]. В 1904 г. он окончил Петер-

бургский университет, а в 1904-1911 гг. работал на кафедре физики Петербургского электротехнического института, которой заведовал А. С. Попов. В 1906-1908 гг. Рожанский стажировался в Геттингенском университете (Германия), с 1911 по 1921 г. работал в ХНУ, сначала приват-доцентом, а с 1912 г. – профессором. В этот период под его руководством были проведены исследования искрового колебательного разряда, колебаний в связанных цепях, свойств электрической дуги, разряда в разряженных газах и др. Рожанский уделял особое внимание талантливой молодежи, привлекая к научной работе студентов и молодых сотрудников кафедры. Его ученики – А. А. Слуцкий (1891-1950) [10] в Харькове и Ю. Б. Кобзарев (1905-1992) в Ленинграде и Москве – сыграли значительную роль в развитии советской радиофизики и радиолокации. В 1921 г. Рожанский переехал в Нижний Новгород, но продолжал поддерживать тесные научные контакты со своими учениками. В 1921 г. по его инициативе в Харькове была создана одна из первых в Украине научно-исследовательских кафедр физики, основными направлениями работы которой были исследования в области электромагнитных колебаний, магнитных свойств вещества и физики газового разряда. До 1930 г. он координировал радиофизические исследования в Харькове, являясь научным консультантом Украинского физико-технического института (УФТИ), организованного в 1928 г. В 1938 г. УФТИ был передан Академии наук УССР под названием Харьковский физико-технический институт – ХФТИ, а в 1953 г. переведен в Министерство среднего машиностроения СССР (Минсредмаш). Рожанский был инициатором пионерских работ по генерированию дециметровых (ДМ) и сантиметровых (СМ) волн, а также изучения влияния атмосферных помех на дальность и качество радиосвязи в диапазоне коротких радиоволн. В 1924 г. в ХНУ А. А. Слуцким и Д. С. Штейнбергом (1888-1934) было начато изучение процессов, происходящих в электронных лампах под воздействием внешнего магнитного поля, что привело к получению электромагнитных колебаний в генераторе магнетронного типа. В 1926 г. в

Харькове был создан мощный коротковолновый радиопередатчик, при помощи которого были осуществлены одни из первых в СССР опыты по установлению радиосвязи на большие расстояния.

Дальнейшее развитие харьковской радиофизической школы [11] тесно связано с именем Слуцкого. В 1916 г. он закончил ХНУ и был оставлен на кафедре физики для подготовки к профессорскому званию. С этого времени началась научно-педагогическая карьера Слуцкого. В 1928 г. он стажировался в Германии в лаборатории Баркгаузена, а в 1929 г. был избран профессором. С 1926 г. он руководил сектором электромагнитных колебаний научно-исследовательской кафедры физики ХНУ, а с 1930 г. по совместительству – лабораторией электромагнитных колебаний (ЛЭМК) УФТИ. В 1933 г. Слуцкий организовал в ХНУ первую в украинских университетах кафедру электромагнитных колебаний.

Именно в этот период в Харькове получили развитие работы по проблеме возбуждения мощных колебаний ДМ диапазона в магнетронах с разрезным анодом и управления их выходной мощностью и частотой.

К концу 1936 г. коллектив ЛЭМК УФТИ (А. А. Слуцкий, А. Я. Усиков, С. Я. Брауде и др.) перешел к комплексной работе по созданию импульсного радиолокатора ДМ диапазона для зенитной артиллерии [12, 13]. В 1938 г. был изготовлен опытный экземпляр радиолокатора и осуществлены первые опыты по обнаружению самолета. Государственная комиссия, давая общую оценку работы установки, отметила: "...в УФТИ АН УССР впервые в СССР осуществлена лабораторная радиопередаточная установка, дающая возможность определять три координаты (дальность, азимут и угол места) самолета, находящегося в воздухе". В августе 1941 г. испытательный образец радиолокатора был установлен в г. Мытищи для боевого дежурства в системе ПВО Москвы. В январе 1943 г. коллективом лаборатории, эвакуированной в г. Бухара, был создан усовершенствованный вариант радиолокатора, а под Москвой были проведены его испытания. В 1944-1945 гг. радиолокатор использовался на северном участке фронта в районе Мур-

манска. Развитие магнетронной тематики и разработка радиолокатора в 1930-40-е годы в ХНУ и ХФТИ имела огромное значение с точки зрения развития радиофизики в Украине в целом, и становления харьковской радиофизической школы, в частности. Эти разработки по идейному замыслу, масштабу проблемы, сложности, разнообразию задач и срокам осуществления для своего времени были уникальными и соответствовали передовым тенденциям развития радиофизики.

В 1929 г. Харьковский технологический институт был преобразован в политехнический институт (ХПИ), который в 1930 г. был реорганизован в ряд отдельных институтов, в том числе Харьковский электротехнический институт (ХЭТИ). В ХЭТИ была создана первая радиолоборатория, где проводились исследования по использованию радио в промышленности, в частности, впервые в СССР был изготовлен 6-шлейфовый осциллограф. Работы в этой лаборатории послужили базой для развития радиотехнических специальностей в институте в послевоенное время.

В Киевском университете (в настоящее время Киевский национальный университет – КНУ) первые исследования электромагнитных колебаний связаны с именами Н. Н. Шиллера (1848-1910) и И. И. Косоногова (1866-1922). Шиллер в 1875-1903 гг. провел серию экспериментов, подтверждающих реальность существования токов смещения, введенных Максвеллом. В 1891 г. он впервые в Украине осуществил публичную демонстрацию опытов Герца, а Косоногов на заседаниях Киевского физико-математического общества представил их полное описание и анализ. Работы Косоногова посвящены исследованию электрических и оптических колебаний. В частности, он создал теорию резонансного отражения света на основе электромагнитной теории.

Создатель полупроводникового научного направления в Киеве А. Г. Гольдман (1884-1971), работая в Киевском политехническом институте (в настоящее время Национальный технический университет Украины – НТУУ-КПИ) и Киевском медицинском институте в 1921-1929 гг., а затем, в 1929-1938 гг. – в КНУ, исследовал широкий круг вопросов, связанных

с физикой полупроводников и диэлектриков. В 1929 г. на базе кафедры физики в КНУ он основал Институт физики (в настоящее время Институт физики НАН Украины – ИФ). В ИФ исследования электромагнитных явлений проводились под руководством Л. И. Кордыша (1878-1932), который, будучи физиком-теоретиком широкого профиля, в то же время являлся инициатором и консультантом работ, имеющих важное прикладное значение и проводившихся как в КНУ, так и в НТУУ-КПИ. Под его руководством в 1924 г. был создан первый в Киеве радиовещательный передатчик, а в 1927-1928 гг. построена первая в Украине коротковолновая радиостанция для магистральной связи Юго-Западной железной дороги.

В 1921 г. на электротехническом факультете НТУУ-КПИ была основана первая радиолоборатория. В 1930 г. этот факультет был выделен в Киевский энергетический институт (КЭИ), в котором был организован радиотехнический факультет. После ряда реорганизаций в 1938 г. в НТУУ-КПИ был создан специальный факультет, на котором в довоенный период велась подготовка инженеров в области радиотехники, электроники, телевидения, а также проводились научно-исследовательские работы оборонного значения.

В период с 1926 по 1932 г. Н. Д. Моргулис (1904-1976) на кафедре физики в КНУ осуществил цикл работ в области эмиссионной электроники, которые послужили основой для организации в 1932 г. под его руководством кафедры физической электроники. В результате дальнейшего развития этого научного направления как в КНУ, так и в ИФ в Киеве был создан крупный научный центр в области физической электроники.

В Одессе исследования Ф. Н. Шведова (1840-1905), посвященные изучению электромагнитных волн и искрового разряда, проводились в ОНУ в период 1870-1905 гг. Там же Н. О. Умовым (1846-1915) с 1871 по 1893 гг. были выполнены работы в области теории колебаний, а также по электричеству и оптике.

В 1900 г. в Одессе для подготовки специалистов для южной части России были открыты Высшие курсы телеграфных механиков, ко-

торые вскоре стали общественным центром связистов и электротехников Причерноморья. На этих курсах во время своих опытов на Черном море в 1903 г. выступал с лекциями по беспроволочному телеграфированию А. С. Попов.

В 1915-1922 гг. в Одессе работал выдающийся физик Л. И. Мандельштам (1879-1944), с именем которого связан ряд фундаментальных открытий в различных областях современной физики и радиофизики. В 1902 г. Мандельштам закончил Страсбургский университет (Германия), и после защиты диссертации был оставлен там в качестве приват-доцента, а в 1907 г. получил звание профессора. В 1914 г. он вернулся в Россию и в 1915 г. был избран приват-доцентом ОНУ. В 1918 г. Мандельштам в качестве заведующего кафедрой физики принимал активное участие в организации Одесского политехнического института (ОПИ). В созданной им физической лаборатории ОПИ Мандельштам начал исследования в области электромагнитных колебаний и рассеяния света. В 1918 г. в Одессу по приглашению Мандельштама из Страсбурга приехал Н. Д. Папалекси (1880-1947). Здесь он завершил свои работы по теории лампового генератора и приступил к созданию первых усилительных и генераторных ламп. В 1919 г. был организован Одесский государственный радиотелеграфный завод, в радиолaborатории которого под научным руководством Мандельштама и Папалекси проводились исследовательские работы по вопросам использования ламповых и дуговых передатчиков в радиотелефонии. В 1921 г. по инициативе Папалекси в ОПИ была создана вакуумная лаборатория, где было налажено производство радиоламп. В 1922 г. Мандельштам, Папалекси и их ближайшие ученики (в частности, И. Е. Тамм) переехали в Москву. Там они основали целый ряд новых научных направлений, в том числе теорию нелинейных колебаний, но свои первые исследования в этой области – самовозбуждения и автоколебаний в ламповом генераторе – провели в Одессе.

Для подготовки специалистов-инженеров в области связи в 1923 г. в Одессе был открыт Высший электротехникум сильных токов, который в 1929 г. был преобразован в электро-

технический факультет ОПИ. С 1930 г. на базе этого факультета был организован Одесский институт инженеров связи (в настоящее время Одесская национальная академия связи – ОНАС), где в довоенные годы по специальной программе велась подготовка военных связистов, а в мастерских института проводилась разработка аппаратуры для Красной Армии.

Таким образом, к 1939 г. в Украине, в русле общих процессов трансформации науки в СССР из автономной системы в государственный организм, возникли элементы как вузовской, так академической и отраслевой науки: лаборатории, НИИ. В основном все они были сосредоточены в Харькове (столице Украинской ССР в 1919-1934 гг.) и в Киеве. Здесь интенсивно развивались исследования в области естественных и технических наук, в том числе радиофизического профиля. С началом второй мировой войны в Европе наука превратилась в важнейший элемент безопасности советского государства, и оборонная тематика стала преобладающей.

Во время войны с Германией Украина оказалась полностью оккупированной уже к концу 1941 г. и научной работой могли заниматься только те ученые и лаборатории, которые оказались в эвакуации. В этом смысле характерным примером представляется деятельность ЛЭМК ХФТИ в Бухаре, где наряду с разработкой радиолокатора сотрудники лаборатории наблюдали ранее неизвестный эффект сверхдальнего распространения ДМ волн над поверхностью пустыни [12, 13].

Работы в области радиофизики в Украине в 1945-1990 гг.

В послевоенный период советское правительство считало радиолокацию третьим по важности компонентом, после создания ядерного оружия и межконтинентальных ракет, оборонной политики и государственной безопасности. На этом этапе развитие радиофизики в Украине характеризуется исследованиями в различных направлениях и в широком диапазоне частот, поиском новых идей и методов, формированием новых академических и отрас-

левых лабораторий и институтов и созданием специализированных факультетов и кафедр радиотехнического профиля в ведущих вузах.

После возвращения НТУУ-КПИ из эвакуации в 1944 г. возобновил свою работу радиотехнический факультет. В 1945 г. коллективом кафедры радиопередающих устройств совместно с сотрудниками вновь созданной в Киеве Лабораторией токов высокой частоты (ЛТВЧ) Института электротехники (ИЭ) АН УССР под руководством С. И. Тетельбаума (1910-1958) были начаты работы в области электроники высоких энергий в интересах важнейших народнохозяйственных и оборонных задач, в частности, по проблеме передачи энергии при помощи радиоволн. Для этих целей в начале 1950-х гг. в Киеве были начаты исследования и разработки в области электронных приборов СМ диапазона волн с высокими диапазонными и энергетическими характеристиками.

В 1946 г. в ХЭТИ был организован радиотехнический факультет, который в 1949 г. вошел в состав вновь восстановленного ХПИ (в настоящее время Национальный технический университет – НТУ-ХПИ). Здесь к учебному процессу наряду с ведущими специалистами-радиофизиками ХФТИ были привлечены молодые преподаватели – выпускники харьковских вузов послевоенного периода. С момента образования основными научными направлениями на факультете являлись исследования распространения радиоволн в тропосфере и ионосфере, разработка методов и аппаратуры в области телевизионной техники и спектрального анализа радиосигналов. В 1955 г. в ХПИ под руководством Б. Л. Кашеева (1920-2004) были начаты исследования метеорных явлений с помощью радиометодов, что послужило основой для развития нового научного направления.

В 1952 г. был организован радиотехнический факультет во Львовском политехническом институте (в настоящее время Национальный технический университет “Львовская политехника” – НТУ ЛП).

Большая заслуга в подготовке высококвалифицированных специалистов и проведении научных исследований принадлежит военным высшим учебным заведениям. В первую оче-

редь следует упомянуть Военно-инженерную радиотехническую академию (ВИРТА, 1946 г.) и Харьковское военное авиационное инженерное училище (ХВАИУ, 1949 г., с 1959 г. – Харьковское высшее командное инженерное училище – ХВКИУ). В 1993 г. эти военные вузы были объединены в Харьковский военный университет, который в 2004 г. реорганизован в Университет ВВС Украины. На радиотехнических факультетах этих учебных заведений, пользовавшихся высокой репутацией и специализировавшихся на подготовке военных инженеров для войск ПВО страны, ВВС и ракетных войск стратегического назначения, работали высококвалифицированные ученые и проводились исследования в области микроволновой техники, антенных систем, распространения радиоволн в тропосфере, радиолокации, связи и обработки радиосигналов.

Существенный вклад в развитие радиолокации, радионавигации, связи и других прикладных аспектов радиотехники, радиофизики и электроники внесли ученые Киевского высшего инженерного радиотехнического училища ПВО и Киевского высшего военного инженерного училища связи (в 1992 г. эти вузы были объединены в Киевский военный институт управления и связи – КВИУС), Житомирского военного института радиоэлектроники, Полтавского военного института связи и Севастопольского военно-морского института.

Большое значение для развития радиофизики и электроники в Украине, подготовки специалистов для вузов, академических и отраслевых институтов имела организация в 1952 г., в числе первых в СССР, радиофизических факультетов в ХНУ и КНУ. Радиофизические исследования в ХНУ охватывали широкий круг проблем – теорию электромагнитных волн, прикладную электродинамику, вакуумную электронику, радиоизмерения, радиоспектроскопию, антенны и технику СВЧ. В КНУ интенсивно разрабатывались такие научные направления, как физическая электроника, физика полупроводников и электрофизика.

1960-е гг. характеризовались широкомасштабным внедрением новейших достижений радиотехники, радиофизики и электроники в различные отрасли науки и техники, в первую оче-

редь, в интересах создания современной авиационной и космической техники. Именно в этот период в ведущих авиационных вузах – в Харьковском авиационном институте (в настоящее время Национальный аэрокосмический университет – НАКУ-ХАИ) и Киевском институте инженеров гражданской авиации (в настоящее время Национальный авиационный университет – НАУ) – были созданы радиотехнические кафедры и факультеты, на которые для чтения специальных курсов и проведения научно-исследовательской работы привлекались ведущие ученые Украины.

В 1962 г. был создан Харьковский институт горного машиностроения, автоматики и вычислительной техники, который в 1966 г. на базе радиотехнического факультета НТУ-ХПИ, усиленного преподавателями и выпускниками радиотехнического факультета ХНУ, был преобразован в Харьковский институт радиоэлектроники (в настоящее время Национальный университет радиоэлектроники – ХНУРЕ). В этом институте в 1966-1969 гг. функционировала кафедра радиофизики.

Севастопольский приборостроительный институт (в настоящее время Севастопольский национальный технический университет – СевНТУ), образованный в 1963 г., готовил инженерные кадры по многим специальностям, в том числе в области радиотехники и электроники.

Факультеты и кафедры радиотехнического и радиотехнического профилей были открыты в вузах в городах: Виннице, Днепропетровске, Донецке, Запорожье, Житомире, Одессе, Симферополе, Сумах, Тернополе, Черновцах и др.

Важнейшую роль в развитии радиофизики в Украине в советский период сыграли академические институты этого направления в Харькове [7, 12]. Начиная с 1945 г. в ХФТИ были возобновлены работы по радиофизической тематике. Цикл исследований по распространению дециметровых и гектометровых радиоволн над поверхностью моря привел к появлению нового научного направления – радиоокеанографии. Научно-исследовательские работы, предусматривающие комплексное решение круга задач, направленных на создание приборов, устройств и систем СМ и милли-

метрового (ММ) диапазонов, определили научную тематику Института радиофизики и электроники НАН Украины (ИРЭ), который в настоящее время носит имя первого директора А. Я. Усикова [14]. ИРЭ был образован в 1955 г. на базе отделов физики сверхвысоких частот, распространения электромагнитных волн и теоретического отдела ХФТИ, которыми руководили соответственно А. Я. Усиков (1904-1995) и С. Я. Брауде (1911-2003) и В. Л. Герман (1914-1964). Через несколько лет институт стал одной из ведущих научно-исследовательских организаций в СССР, имея в своем активе уникальные разработки генераторов ММ и субмиллиметрового (СУБММ) диапазонов (магнетронов, клинотронов, клистронов), волноводной и квазиоптической измерительной техники [15], радиолокаторов различного назначения. В частности, И. Д. Трутьев (1909-1990) с сотрудниками обнаружили особые условия работы магнетрона, заключающиеся в использовании взаимодействия потоков электронов с одной из высших пространственных гармоник (“харьковские режимы”). Такие режимы работы магнетрона позволили создать серию приборов ММ диапазона с рекордными для своего времени уровнями мощности. В дальнейших исследованиях в ИРЭ получили развитие фундаментальные научные направления: изучение распространения, поглощения и рассеяния радиоволн в атмосфере, над поверхностью раздела сред и в космическом пространстве; разработка физических основ обработки изображений в оптическом и радиодиапазонах; радиоспектроскопия; исследования взаимодействия электромагнитного излучения с металлами, полупроводниками и биологическими объектами. При этом были предсказаны и выявлены новые физические эффекты, зарегистрированные как открытия: циклотронный резонанс в металлах и аномальное проникновение электромагнитного излучения в металл на глубину, значительно превышающую скин-слой (Э. А. Канер (1931-1986)) и акустомагнитоэлектрический эффект. Работы в области квантовой радиофизики СВЧ диапазона, в первую очередь в ММ диапазоне, послужили основой для пионерских исследований инверсных свойств вещества и создания ММ

мазеров. Важное место в тематике института занял комплекс теоретических исследований в области электродинамики открытых систем и теории дифракции под руководством В. П. Шестопалова (1923-1999), который возглавлял ИРЭ в период с 1973 по 1993 г. Эти работы привели к развитию нового научного направления – дифракционной электроники – и к созданию источника электромагнитных колебаний нового класса – генератора дифракционного излучения (ГДИ), или оротрона. Вместе с тем, ученые института уделяли особое внимание внедрению научных разработок в прикладных задачах. В частности, был реализован целый ряд квазиоптических интерферометров, предназначенных для измерения свойств высокотемпературной плазмы в энергетических установках термоядерного синтеза (Токамак-10, Токамак-15), созданы радиолокационные системы исследования окружающей среды. Разработанная в ИРЭ бортовая радиолокационная система бокового обзора (РЛСБО) 3-см диапазона была установлена на ИСЗ “Космос-1500” и “Космос-1602” и успешно использовалась для научных исследований Мирового океана и решения практических задач кораблевождения. В частности, в 1983 г. РЛСБО позволила в условиях полярной ночи осуществить проводку каравана из 26 судов, блокированного льдами в Северном Ледовитом океане в проливе Лонга. В 1985 г. в аналогичной ситуации вблизи Антарктиды было спасено из ледового плена исследовательское судно “Профессор Сомов”.

В 1958 г. по инициативе С. Я. Брауде в ИРЭ были начаты исследования в области декаметрового радиоастрономии, а в 1970 г. вблизи ст. Граково в 80 км к юго-востоку от Харькова был сдан в эксплуатацию крупнейший в мире радиотелескоп декаметрового диапазона УТР-2 (Украинский Т-образный радиотелескоп, вторая модель). Эффективная площадь этого телескопа равняется 150000 м^2 , а ширина луча на частоте 25 МГц составляет $25 \times 25'$. Дальнейшее развитие эти работы получили в выделившемся в 1985 г. из ИРЭ Радиоастрономическом институте (РИ). Для повышения разрешающей способности радиотелескопа РИ совместно с Физико-механическим инсти-

тутом (ФМИ, Львов) и Полтавской гравиметрической обсерваторией Института геофизики НАН Украины была создана интерферометрическая система УРАН (Украинский интерферометр Академии наук), включающая радиотелескопы УТР-2, УРАН-1 (вблизи г. Змиев Харьковской обл., на расстоянии 42.3 км от УТР-2), УРАН-2 (вблизи с. Степановка Полтавской обл., на расстоянии 152.3 км от УТР-2), УРАН-3 (вблизи г. Шацк Волынской обл., на расстоянии 946.2 км от УТР-2) и УРАН-4 (вблизи п. Беляевка Одесской обл., на расстоянии 613.1 км от УТР-2). Эта единственная в мире система обеспечивает рекордное угловое разрешение порядка одной угловой секунды. Наряду с радиоастрономической тематикой в РИ активно разрабатывались такие научные направления, как космическая радиофизика, вычислительная электродинамика, разработка электровакуумных приборов и радиотехнических систем ММ диапазона.

Ряд институтов НАН Украины, основными научными направлениями которых являются смежные разделы физики и их приложения тем не менее был привлечен к решению целого ряда проблем, находящихся в сфере задач радиофизики. Всесторонние исследования взаимодействия электромагнитного излучения с плазмой проводились в ХФТИ, а в Киеве – в Институте ядерных исследований (ИЯИ) и Институте теоретической физики (ИТФ). В Киеве также находятся Институт физики полупроводников (ИФП), специализирующийся на разработке полупроводниковых приборов для СВЧ техники и оптоэлектроники и ИФ, разрабатывающий перестраиваемые лазеры и твердотельные микроволновые источники и усилители. В Физико-техническом институте низких температур (ФТИНТ, Харьков) разработки целого ряда микроволновых устройств базировались на фундаментальных исследованиях в области явления сверхпроводимости и нестационарного эффекта Джозефсона. В Институте проблем машиностроения (ИПМаш, Харьков) использовались радиофизические методы контроля и управления современными технологическими процессами. Работы в Донецком физико-техническом институте (ДонФТИ) были ориентированы на исследования в области сверхпро-

водимости, высокочастотных свойств ферритов и других материалов. Морской гидрофизический институт (МГИ) в Севастополе, располагая специально оборудованными полигонами и исследовательскими судами, принимал активное участие в комплексных исследованиях распространения радиоволн вблизи морской поверхности. В круг научных интересов ФМИ входили такие проблемы, как электромагнитная теория, оптоэлектроника, радиофизические методы неразрушающего контроля и радиоастрономия. В Институте прикладных проблем механики и математики (ИППММ, Львов) разрабатывались новые методы прикладной электродинамики и теории антенн.

В 1960-е гг. начался этап внедрения исследований и разработок ученых академических институтов и вузов в научно-исследовательских институтах и конструкторских бюро промышленных предприятий различных министерств и ведомств. В 1961 г. в Киеве на базе ЛТВЧ ИЭ был создан Институт радиотехнических проблем АН УССР (ИРП), в котором наряду с научными отделами была организована структура, включающая ОКБ совместно с конструкторским, технологическим отделами и экспериментально-макетным производством. В результате был разработан целый ряд мощных электронных приборов СВЧ диапазона (лампы бегущей волны, лампы обратной волны, клистроны), предложены принципы построения и реализованы конструкции генераторов незамедленной волны – фазохронов, начаты работы по созданию измерительной техники СВЧ и ММ диапазонов [16]. Многие приборы имели уникальные для своего времени характеристики и были освоены в производстве на опытном заводе. В 1968 г. ИРП был переведен в Министерство электронной промышленности СССР (МЭП) и переименован в НИИ “Орион”. Перед коллективом нового института была поставлена задача ликвидации существенного отставания в твердотельной СВЧ электронике. Освоение базовых технологий на основе кремния и арсенида галлия позволило коллективу НИИ “Орион” создать широкий ассортимент активных и пассивных полупроводниковых элементов, модулей, приборов и систем различного назначения.

В 1970-е гг. НИИ “Орион” приступил к разработке комплексированной аппаратуры для волноводных линии связи, бортовых РЛС и всепогодных комплексов ближней радиолокации. Большое значение в развитии радиоэлектронной аппаратуры нового поколения сыграли работы по созданию синтезаторов частоты СВЧ и ММ диапазонов, приборов для научных исследований и медицинской аппаратуры.

В 1968 г. в г. Киеве был создан Научно-исследовательский институт криогенной электроники МЭП, в задачи которого входили исследования в области низкотемпературной электроники твердого тела и разработка криоэлектронных приборов и модулей для военно-промышленного комплекса и научного приборостроения [17]. В 1972 г. этот институт был переименован в НИИ “Сатурн” (в настоящее время ОАО “Научно-производственное предприятие “Сатурн”). В последующие годы в институте были разработаны уникальные криоэлектронные сверхмалошумящие приемно-усилительные и радиометрические системы СВЧ. Благодаря созданию современных арсенид-галлиевых технологических процессов в сжатые сроки было освоено производство полупроводниковых СВЧ приборов, интегральных схем и малошумящих приемно-усилительных модулей с умеренным охлаждением или термостабилизированием основных узлов, что в дальнейшем привело к расширению области применения разрабатываемой аппаратуры в уникальных радиоастрономических комплексах, приемных системах спутниковой связи и телевидения. Были осуществлены разработки и организовано производство медицинской техники, приборов для телекоммуникаций, а также предметов народного потребления.

Львовский научно-исследовательский радиотехнический институт (ЛНИРТИ) Министерства радиопромышленности (МРП) СССР был образован в 1956 г. и в 1970-е гг. привлечен к задаче создания радиолокационных систем ММ диапазона. Разработка метеорологических и судовых радиолокаторов являлась основной тематикой киевских институтов НИИ “Буран” МРП и НИИ “Квант” Министерства судостроительной промышленности.

Научно-исследовательский институт радиотехнических измерений (НИИРИ, Харьков) Министерства общего машиностроения СССР специализировался в разработке бортовых радиолокаторов, приборов для биологических, медицинских исследований и мониторинга окружающей среды. В Харьковском государственном институте мер и измерительных приборов Комитета стандартов СССР (в настоящее время НПО "Метрология") радиофизические методы использовались при создании государственных стандартов.

Вместе с тем необходимо отметить, что в 1970-е гг. советские министерства превратились в огромные государственные монополии, практически неуправляемые сверху и независимые от общества, что препятствовало научно-техническому прогрессу [18]. Нередко отраслевые НИИ отказывались от внедрения тем и разработок, выполненных в других ведомствах, а осознание этого обстоятельства и неспособность его преодолеть привели к появлению многочисленных экспериментально-производственных подразделений в институтах Академии наук УССР – КБ, опытных заводов и пр. Другим важным фактором, ограничивавшим научный поиск, было постоянное усиление партийного контроля над наукой в 1970-е гг. Администрации академических институтов были поставлены в жесткие рамки и в своей работе контролировались парткомами [19]. Хотя Академия наук оставалась наиболее динамичной частью государственной науки, львиная доля средств на радиофизические исследования и разработки по-прежнему поступала из союзных министерств: Министерства обороны, МРП, МЭП, МОМ, Минсредмаш и др.

Радиофизика в независимой Украине в 1992-2003 гг.

Начиная с 1992 г. в независимой Украине финансирование научно-технической сферы было резко сокращено до уровня слаборазвитых стран третьего мира. При этом исследования в области радиофизики и электроники, ранее ориентированные на военно-промыш-

ленный комплекс СССР и выполнявшиеся по заказам союзных министерств и ведомств, понесли невосполнимые финансовые потери и оказались в катастрофическом положении. Академия наук, лишившись средств, поступавших из общесоюзного бюджета, не была в состоянии восполнить эти потери. При этом после 1992 г. 90 % академического бюджета составляет зарплата сотрудников, в то время как оставшаяся мизерная часть не может покрыть необходимые расходы на исследования, литературу, материалы, командировки, и т. д. [7]. Проведение крупных, в первую очередь, экспериментальных работ, связанных с использованием дорогостоящей аппаратуры, созданием уникальных измерительных стендов, проведением экспедиционных натурных экспериментов, стало практически невозможным. Исключение составляют теоретические исследования и работы, проводимые на существующем оборудовании и уже имеющие предварительный научный задел. В этом смысле привилегированное положение занимают те творческие коллективы, которые смогли найти новые формы работы и реализовать свой научный потенциал в исследованиях и разработках, поддерживаемых государственными и международными программами и фондами (EU-Copernicus, INTAS, NATO Science for Peace, USA-CRDF, STCU и др.).

Благодаря таким работам в ИПЭ в рамках базовых научных направлений института были осуществлены исследования и получен ряд новых важных результатов в области радиофизики твердого тела, в развитии математических методов решения спектральных и дифракционных задач электродинамики, в изучении условий и закономерностей распространения, рассеяния и поглощения радиоволн, в создании радиофизических методов дистанционного зондирования природной среды Земли с аэрокосмических носителей. Следует отметить, что в сложных экономических условиях сотрудникам института удалось сохранить и поддерживать работоспособность единственного в СНГ радиолокатора декаметрового диапазона (6.4; 13; 26 МГц), расположенного в Крыму, вблизи г. Судак, а также провести целый ряд натурных экспериментов по

проблемам выделения сигналов в условиях волнения моря более 3 баллов и обнаружения низколетящих воздушных целей. Вместе с тем в ИРЭ в последние годы сформировались новые научные направления: электродинамика краевых задач с целью изучения эволюционных процессов; создание математических моделей и алгоритмов анализа и синтеза электродинамических систем; исследования волновых и колебательных процессов в полупроводниках, сверхпроводниках и диэлектриках; изучение динамики взаимодействия многолучевых и трубчатых электронных потоков с электромагнитными волнами СМ, ММ и СУБММ диапазонов; исследования динамического хаоса в радиофизических и электронных системах с нелинейным преобразованием волн; создание новых теоретических и экспериментальных методов и средств радиоинтроскопии, шумовой и сверхширокополостной радиолокации. В современных условиях, наряду с решением фундаментальных проблем, одной из важнейших задач института является использование научно-технического потенциала для нужд украинской экономики. Соответствующие разработки на основе новых физических принципов и оригинальных технических решений осуществляются с целью создания радиолокационных систем ММ диапазона для обзора территорий аэропортов и обеспечения диспетчерских служб, контроля перемещения транспортных средств и потоков; охраны периметра территорий и объектов, поиска замаскированных предметов и людей под завалами; подповерхностного зондирования земли, контроля, диагностики и прогноза наводнений и паводков, чистоты водной поверхности и зон их загрязнения. В рамках Государственной программы “Экологическая безопасность прибрежной зоны Черного и Азовского морей и комплексное исследование использования шельфа” разработаны методы и средства радиолокационного обнаружения загрязнений морской поверхности нефтепродуктами и акустической диагностики газонасыщенных отложений и источников активных газовыделений на морском дне.

Уникальные характеристики радиотелескопа УТР-2 с системой интерферометров УРАН позволили сотрудникам РИ провести

обширные исследования в области декаметрового радиоастрономии и получить приоритетные данные об объектах как Солнечной системы, Галактики, так и об удаленных объектах – радиогалактик и квазаров. Постановлением Кабинета министров Украины радиотелескоп УТР-2 с системой интерферометров УРАН был включен в Реестр научных объектов, которые составляют национальное достояние, а в 2004 г. Радиоастрономической обсерватории РИ было присвоено имя ее основателя – С. Я. Брауде. РИ является головной организацией Украины в радиоастрономических исследованиях, проводимых во всех диапазонах радиоволн. В СМ и ДМ диапазонах такие работы осуществляются при помощи антенны РТ-70 вблизи Евпатории. Эта антенна диаметром 70 м была сдана в эксплуатацию в 1978 г. в составе Центра дальней космической связи СССР и использовалась для связи и управления космическими аппаратами дальнего космоса и радиолокации планет. В настоящее время система РТ-70 Национального центра управления и испытаний космических средств Национального космического агентства Украины (НКАУ) благодаря усилиям РИ оснащена современной приемной радиоаппаратурой, что позволяет использовать ее как радиотелескоп с уникальными характеристиками. В рамках Государственной программы космических исследований и ряда международных программ с участием научных организаций Украины и зарубежных стран был проведен большой объем исследований в области наземно-космической радиоастрономии. Работы РИ в области ММ радиоастрономии проводятся на радиотелескопе РТ-22 Крымской астрофизической обсерватории (Симеиз, Крым). Благодаря оснащению высокочувствительной приемной аппаратурой современного уровня, разработанной в РИ и ОАО “НПП “Сатурн”, на РТ-22 осуществлены исследования космических объектов методами радиоинтерферометрии со сверхдлинной базой в международной сети радиотелескопов. В ММ диапазоне волн в РИ проводятся спектральные исследования радиоизлучения космических молекул, изучается радиоизлучение межзвездной среды, находящейся

ся в инвертированном состоянии (космические мазеры). РИ также является головной организацией по научному направлению “Физика верхней атмосферы и ближнего космоса” в рамках Государственной программы антарктических исследований. Сотрудники института принимали участие в девяти антарктических экспедициях. В результате методами радиофизического дистанционного зондирования околоземной плазмы были проведены исследования электромагнитного окружения в Антарктиде и процессов переноса энергии от поверхности земли на высоты геокосмоса. В последние годы в РИ получены важные результаты в области теоретической радиофизики, в частности, в теории дифракции на полубесконечных периодических структурах и в исследованиях искусственных электромагнитных кристаллов – кристаллов фотоники. В институте проводятся активные научные и практические исследования по созданию новых методов обработки радиосигналов и радиолокационных систем для разнообразных приложений. К таким системам относятся самолетный двухчастотный локализатор бокового обзора, работающий на частотах 36 и 95 ГГц, самолетный локализатор с синтезированной апертурой, локализатор поиска и сопровождения, метеорологические локализаторы 8-мм диапазона, являющиеся полностью автоматическими системами, способными длительное время работать автономно и передавать в реальном времени метеорологические данные через сеть Интернет широкому кругу пользователей [20]. В РИ также продолжают разработки мощных электровакуумных ламп ММ и СУБММ диапазонов. В частности, в институте налажено мелкосерийное производство импульсных магнетронов с холодным катодом на пространственных гармониках, а также ламп обратной волны типа клинотрон.

В 1993 г. ХФТИ был преобразован в Национальный научный центр – Харьковский физико-технический институт (ННЦ ХФТИ), который включает в себя пять НИИ, в том числе Институт плазмы и новых методов ускорения, в котором разрабатываются мощные плазменные источники СВЧ энергии.

Важнейшими научными направлениями ИФП в области радиофизики и электроники является использование микроволнового излучения в технологических процессах, исследовательских задачах и создание элементной базы СВЧ электроники нового поколения.

В ФМИ получили дальнейшее развитие новые численно-аналитические методы решения задач дифракции на металлических экранах произвольного профиля и элементах конических и клиноподобных поверхностей. Решение подобных задач легло в основу создания теории диэлектрических резонаторов с металлическими вставками, а также нашло применение в дефектоскопии композиционных материалов.

Как положительный факт можно расценивать организацию в Национальной академии наук новых научных учреждений. К ним относятся Институт прикладной физики НАН Украины (Сумы) и Институт электронной физики НАН Украины (Ужгород). В развитие новых научных направлений, сформировавшихся в ИРЭ и НТУ-ХПИ, были созданы Центр радиофизического зондирования Земли им. А. И. Калмыкова (Харьков, 1994 г.) – совместно ИРЭ и НКАУ, и Институт Ионосферы (ИИ, Харьков, 1991 г.) – совместно НАН и Министерством образования и науки Украины (МОН). Организация этого института базировалась на работах НТУ-ХПИ с использованием уникального радиолокатора некогерентного рассеяния для зондирования ионосферы (150 МГц) с антенной диаметром 100 м, введенного в строй в 1970 г. в Харьковской обл. (г. Змиев). В настоящее время этот радиолокатор в составе обсерватории ИИ включен в Реестр научных объектов, имеющих статус национального достояния Украины. Научные исследования ИИ направлены на изучение зависимости основных параметров ионосферной плазмы от солнечной активности, магнитных бурь, стартов ракет и других факторов в широком интервале частот и проводятся в рамках международных программ.

Тяжелая экономическая ситуация в Украине, безусловно, негативно отразилась на научных исследованиях, проводимых в вузах, и на учебном процессе. Существенно снизилось

бюджетное финансирование, а резкое уменьшение объемов хоздоговорной тематики привело к сокращению научно-исследовательских секторов. Тем не менее в ведущих университетах Украины, имеющих радиофизические факультеты, благодаря высокому научному потенциалу профессорско-преподавательского состава, сохраненной материально-технической базе, включая уникальные радиофизические полигоны, и новым формам работы, в том числе в рамках международных программ, был обеспечен передовой научный уровень исследований и разработок при решении наиболее приоритетных задач.

Специализация студентов на радиофизическом факультете ХНУ [21] осуществляется в широком диапазоне традиционных проблем радиофизики и электроники: теоретическая радиофизика, квантовая радиофизика, радиофизические измерения, полупроводниковая и вакуумная электроника, физика сверхвысоких частот, космическая радиофизика, антенны и распространение радиоволн, а также молекулярная биофизика, биофизическая экология и биотехнология.

Основные направления научных исследований радиофизического факультета ХНУ следующие: фундаментальные исследования генерации рассеяния и распространения электромагнитных волн ММ и СУБММ диапазонов; разработка СУБММ лазеров, исследования взаимодействия лазерного излучения с веществом, атомная и молекулярная спектроскопия; исследования высокочастотных явлений в полупроводниках и их структурах и разработка высокоэффективных приборов; разработка СВЧ узлов и приборов, в том числе низкотемпературных; исследования и разработка новых антенн и голография. Кафедра космической радиофизики, в состав которой входит радиофизическая обсерватория (ее основной комплекс, включающий три радиотехнические системы, входит в Реестр научных объектов, составляющих национальное достояние Украины), проводит комплексные дистанционные исследования околоземного пространства и процессов быстрого развития крупномасштабных и глобальных возмущений в атмосфере, вызываемых мощными локальными удаленными источниками естественной и антропоген-

ной природы, влияния гелиогеофизических факторов на состояние здоровья человека.

Специальности радиофизического факультета КНУ ориентированы на подготовку научных кадров для академических институтов и вузов по фундаментальным проблемам математической и теоретической радиофизики, квантовой радиофизики, физики полупроводников, физической электроники, микро- и нанoeлектроники, криогенной микроэлектроники, лазерных технологий, материаловедения, электрофизики, медицинской радиофизики, а также специалистов для отраслевых организаций, разрабатывающих микроэлектронные СВЧ приборы и системы.

В КНУ успешно развиваются следующие научные направления: современные методы исследований, всестороннего контроля и управления свойствами поверхности твердого тела на атомарном уровне в условиях сверхвысокого вакуума для задач нанотехнологий; новые методы цифровой обработки, анализа и распознавания изображений; спин-зависимые явления в полупроводниках и спин-волновая электроника; комплексные исследования контактных явлений в полупроводниках для задач современной микроэлектроники; исследования линейного и нелинейного взаимодействия СВЧ излучения в высокотемпературных сверхпроводниках, нелинейных диэлектриках, полупроводниках и ферритах в широком диапазоне частот; исследование естественных и искусственных плазменных образований в верхних слоях атмосферы.

На относительно молодом радиофизическом факультете (создан в 1977 г.) Днепропетровского национального университета (ДНУ) наряду с классическими направлениями (радиофизика и электроника) в последние годы открыты специализации по новым компьютерно-информационным технологиям: прикладная физика (компьютерная радиофизика), микроэлектроника и полупроводниковые приборы, компьютерные системы и сети, информационные управляющие системы и технологии, технологии и способы телекоммуникаций, физическая и биомедицинская электроника.

Научная работа в ДНУ ориентирована на создание широкого ассортимента элементов и

устройств СВЧ с улучшенными характеристиками, разработку современных методов и средств СВЧ измерений (в том числе с использованием цифрового спектрального анализа и принципов фурье-голографии), на исследования сложных электродинамических структур и топологий с целью построения новых компьютерных систем, на использование СВЧ методов для бесконтактного и дистанционного неразрушающего контроля и измерения параметров изделий металлургического производства.

В крупнейших технических университетах Украины ХНУРЭ, НТУУ-КПИ, НТУ-ХПИ, НТУ-ЛП, СевНТУ, НАУ, НАУ-ХАИ осуществляется подготовка инженерных кадров в широком диапазоне современных специальностей в области радиотехники, электроники, микроэлектроники, телекоммуникаций и новых компьютерных технологий.

Для целевой подготовки молодых специалистов в РИ создан филиал кафедры “Космическая радиофизика” ХНУ со специализацией “радиоастрономия”, а в ИРЭ – филиал кафедры “Физические основы электронной техники” ХНУРЭ. На кафедре радиоэлектроники НТУ-ХПИ организована подготовка студентов по специальности “Радиофизика и электроника” и создан учебный центр “Ионосфера”.

Отраслевые НИИ, которые до 1992 года осуществляли свои основные работы в рамках государственного заказа, были вынуждены самостоятельно решать вопросы финансирования и поиска новых рынков сбыта своей продукции. Эти организации в зависимости от научно-технического потенциала и производственно-технологической базы различным образом искали свое место в новых экономических условиях – ряд институтов вошел в Министерство промышленной политики Украины (НИИ “Орион”, НИИ “Квант”, ЛНИРТИ), а другие были преобразованы в акционерные общества (ОАО НПП “Сатурн”, АО НИИРИ). При этом наряду с участием в государственных программах, они переориентировали свою деятельность в направлении создания широкого спектра приборов и устройств для научного приборостроения, медицинской аппаратуры, бытовой техники. Существенным сти-

мулом в развитии таких приложений являются открывшиеся возможности сотрудничества по контрактам с зарубежными фирмами и государственными организациями.

С 1992 г. НИИ “Орион” включился в разработку и реализацию программы “Конверсия”. Была разработана серия микроволновых датчиков скорости, температуры, давления, уровнемеры различного назначения, созданы датчики для систем охранной сигнализации, начался выпуск мощных выходных клистронов для передающих телевизионных центров Украины, магнетронов для сушильных камер, а также сложных систем для научных исследований (источников ММ диапазона волн с высокой стабильностью амплитуды и фазы выходного сигнала для спектрометров, многоканальных приемных устройств для измерения распределения температуры в активных зонах ядерных установок). Несмотря на значительные трудности экономического характера в институте активно разрабатываются и поставляются заказчикам (в том числе по заказам Китайской Народной Республики) электровакуумные и полупроводниковые приборы и устройства СВЧ, параметры и характеристики которых находятся на уровне современных мировых достижений. Мощный научно-технический потенциал НИИ “Орион” в области микроволновых технологий позволил в короткие сроки осуществить разработку широкого спектра товаров народного потребления.

В настоящее время ОАО НПП “Сатурн” представляет собой объединение нескольких дочерних предприятий, научно-исследовательского центра и производства, ведущих самостоятельные работы и выполняющих сложные комплексные программы. На предприятии продолжает развиваться твердотельная технология субмикронных размеров на базе современного комплекса электронно-лучевой литографии, освоен ряд цифровых радиорелейных систем, разработаны СВЧ уровнемер локационного типа для контроля уровня различных материалов, радиометрический комплекс 3-мм диапазона для обнаружения различных предметов под одеждой человека (для аэропортов и таможенных пунктов), ведутся работы по созданию радиолокатора управления воздушным движе-

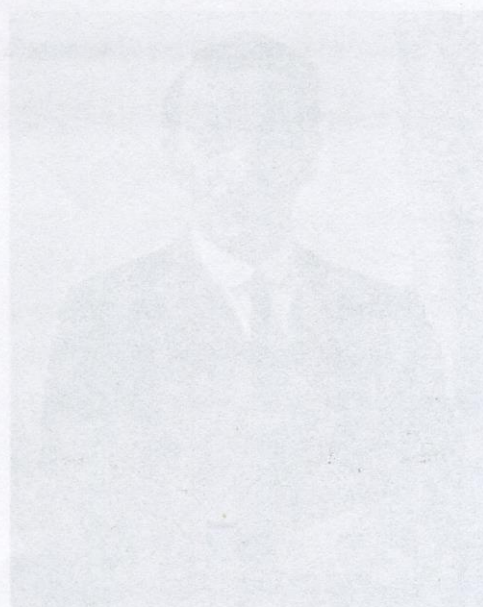
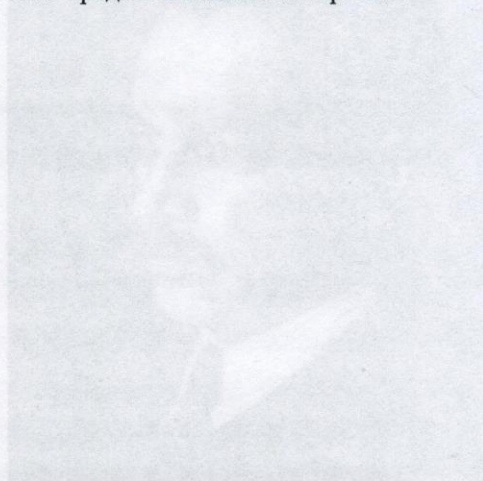
нием. Важное место в разработках ОАО “НПП “Сатурн” занимает создание низкотемпературных комплексов для радиоастрономических исследований и космических программ.

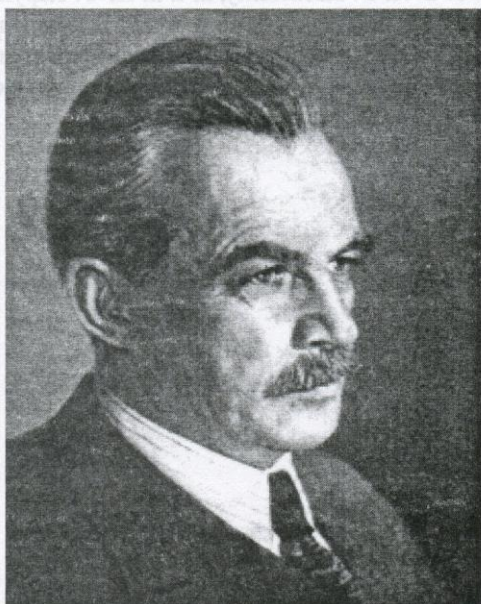
Следует отметить, что на современном этапе наука стала более открытой и демократичной, ослабли идеологические и административные методы регулирования творческими процессами, существенно расширилось международное научное сотрудничество. Положительным фактом является повышение зарплаты ученых, увеличение в последние годы притока молодых специалистов в академические институты, повышение конкурса в аспирантуру, проведение в Украине целого ряда престижных международных конференций. Большие надежды связаны с участием украинских ученых в исследованиях под эгидой Рамочной программы Европейского союза FP-6. Для активизации этого направления при Президиуме НАН Украины организован специализированный информационный центр.

Эти позитивные тенденции, которые несмотря на сложную экономическую ситуацию имеют место в украинской науке позволяют надеяться, что будут сохранены кадровый состав ученых и высококвалифицированных специалистов, производственно-технологическая база, сформировавшиеся научные центры и их методы и традиции, которые всегда соответствовали мировым стандартам и приоритетным направлениям научно-технического прогресса.

Авторы искренне признательны профессору Б. М. Булгакову, профессору В. Б. Рассказовскому (ИРЭ НАНУ), академику НАНУ А. А. Коноваленко, академику НАНУ Л. Н. Литвиненко, члену-корреспонденту НАНУ В. М. Шульге, профессору Д. М. Вавриву, профессору Ю. М. Ямпольскому (РИ НАНУ), академику НАНУ М. С. Бродину (ИФ НАНУ), академику НАНУ В. Г. Находкину (КНУ), члену-корреспонденту НАНУ З. Т. Назарчуку (ФМИ НАНУ), члену-корреспонденту НАНУ В. Ф. Мачулину (ИФП НАНУ), профессору В. М. Дмитриеву (ФТИНТ НАНУ), профессору О. О. Дробахину (ДНУ), профессору В. И. Тарану (ИИ

НАНУ), профессору О. Ф. Тырнову (ХНУ), профессору Я. С. Шифрину (ХНУРЭ), д. т. н. Л. В. Касаткину, к. т. н. Н. Ф. Карушкину (НИИ “Орион”), к. т. н. Ю. Н. Муськину (ОАО “НПП “Сатурн”) за проявленный интерес к работе, полезные рекомендации и любезно предоставленные материалы.





Член-корреспондент АН СССР Д. А. Рожанский



Академик АН УССР А. А. Слуцкий



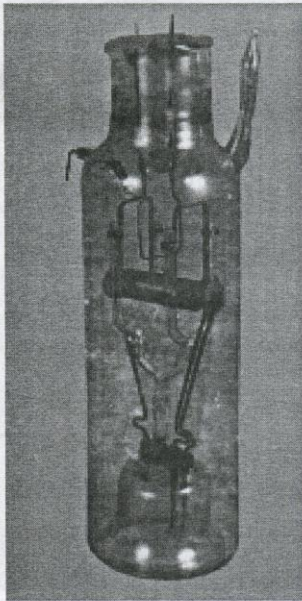
Академик АН СССР Л. И. Мандельштам



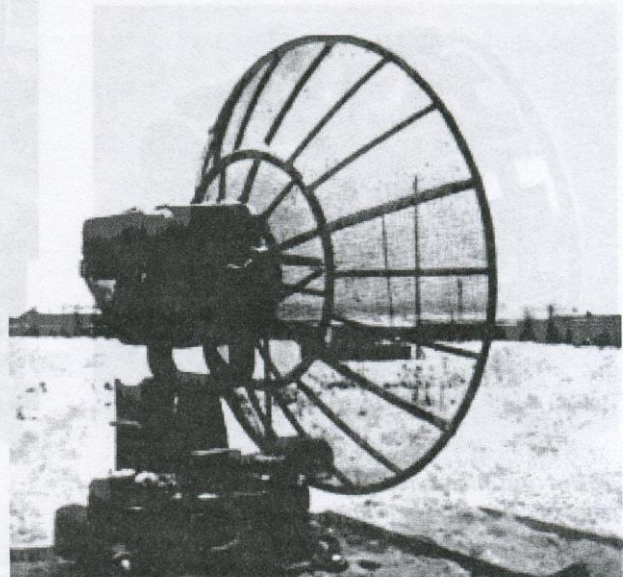
Член-корреспондент АН УССР С. И. Тетельбаум



Академики НАН Украины А. Я. Усиков, Б. Е. Патон, С. Я. Брауде



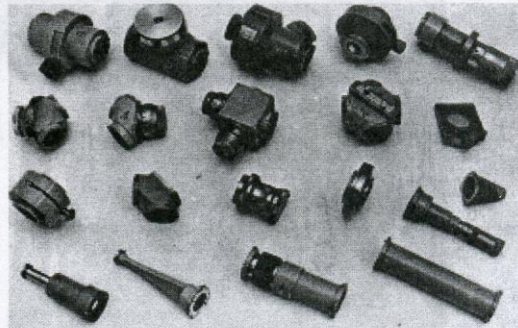
Импульсный магнетрон, импульсная мощность – $10 \div 12$ кВт; длина волны – 64 см; длительность импульса – $10^{-5} \div 2 \cdot 10^{-5}$ с. Разработка ХФТИ 1938 г.



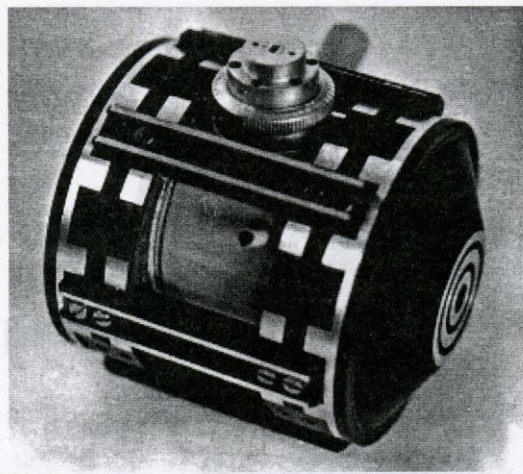
Приемо-передающая антенна радиолокатора "Рубин" с дипольными облучателями передатчика и приемника в фокусе зеркала. Разработка ХФТИ 1943 г.



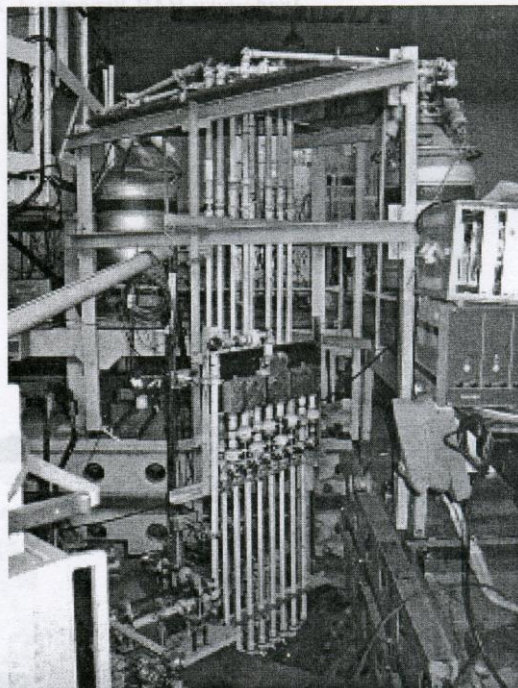
Магнетроны 2-мм диапазона в различных магнитных системах. Разработка ИРЭ. Фотография любезно предоставлена Ю. Х. Брацлавским (ИРЭ)



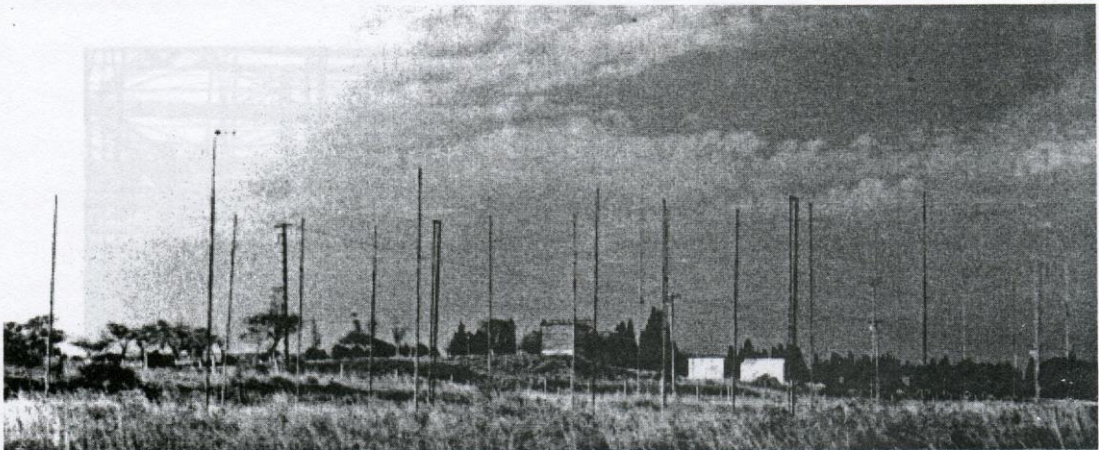
Комплект квазиоптических измерительных устройств на основе полого диэлектрического лучевода. Разработка ИРЭ. Фотография любезно предоставлена В. К. Киселевым (ИРЭ)



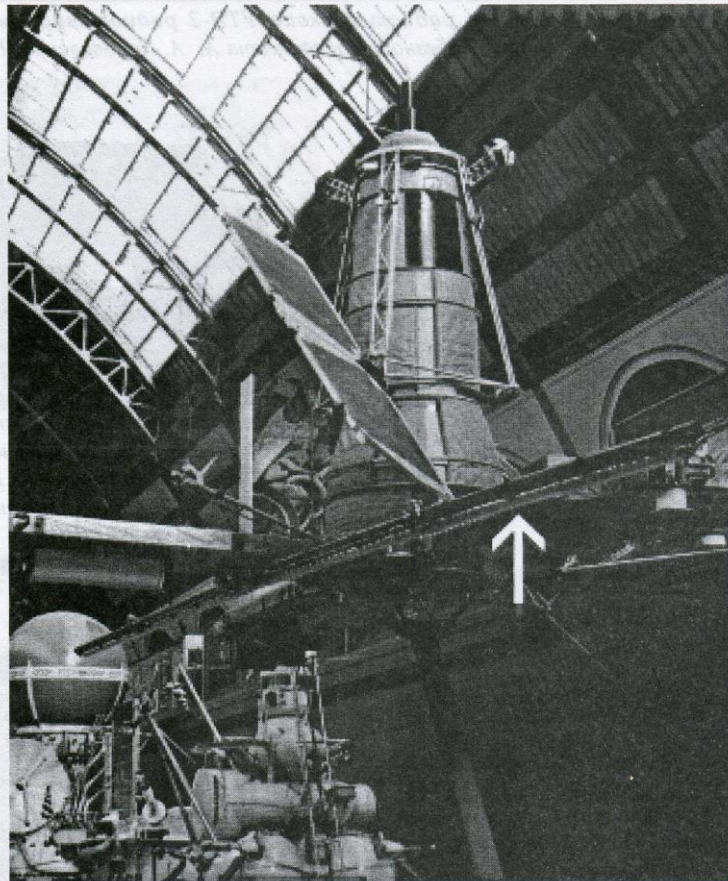
ГДИ 4-мм диапазона, пакетированный в самарий-кобальтовой магнито-фокусирующей системе. Разработка ИРЭ. Фотография любезно предоставлена В. С. Мирошниченко (ИРЭ)



Девятиканальный интерферометр на основе полого диэлектрического лучевода в составе термоядерной установки Токамак-15 (ИАЭ им. Курчатова). Разработка ИРЭ. Фотография любезно предоставлена В.К. Киселевым (ИРЭ)



Антенное поле загоризонтного радиолокатора декаметрового диапазона (ИРЭ). Фотография любезно предоставлена С. И. Хоменко (ИРЭ)



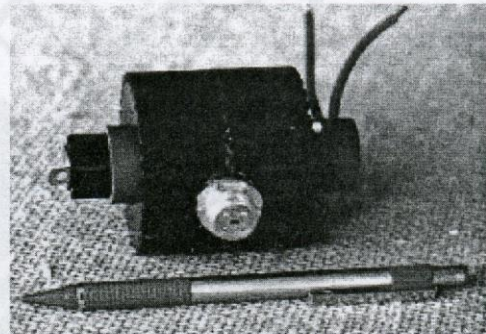
Макет ИСЗ "Космос-1500" на ВДНХ СССР. Стрелкой показана антенна РЛСБО в развернутом виде. Разработка ИРЭ. Фотография любезно предоставлена В. А. Комяком (ИРЭ)



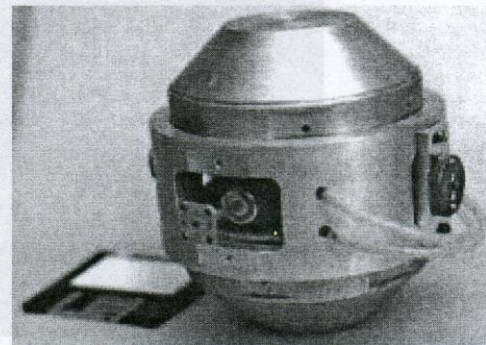
Антенное поле декаметрового радиотелескопа УТР-2 радиоастрономической обсерватории РИ. Фотография любезно предоставлена А. А. Коноваленко (РИ)



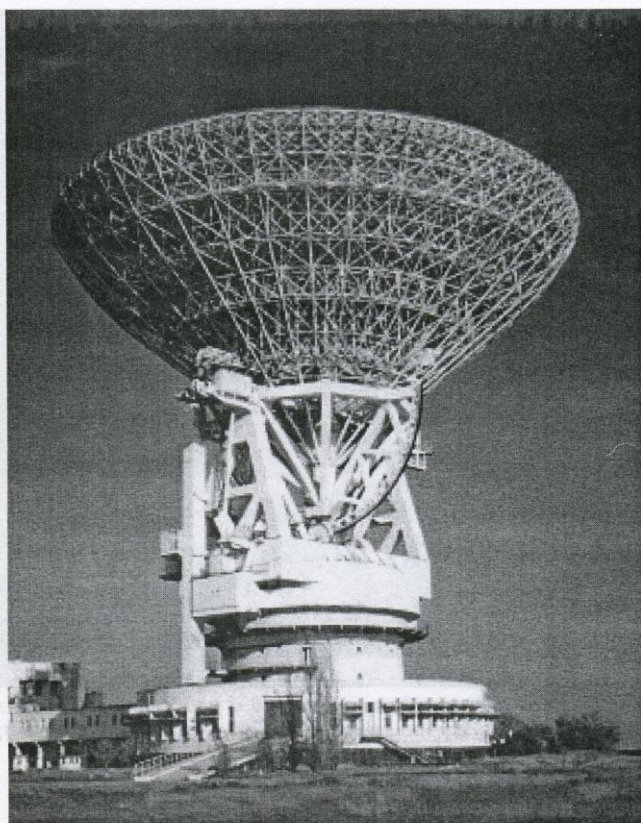
Доплеровский метеорологический локатор 8-мм диапазона. Разработка РИ. Фотография любезно предоставлена Д. М. Вавривым (РИ)



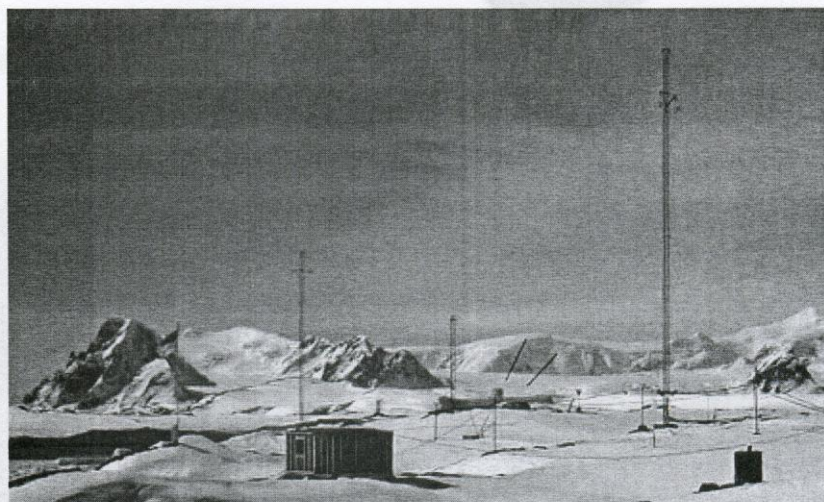
Магнетрон на пространственной гармонике с холодным катодом, импульсная мощность – 1 кВт, рабочая частота – 95 ГГц. Разработка РИ. Фотография любезно предоставлена Д. М. Вавривым (РИ)



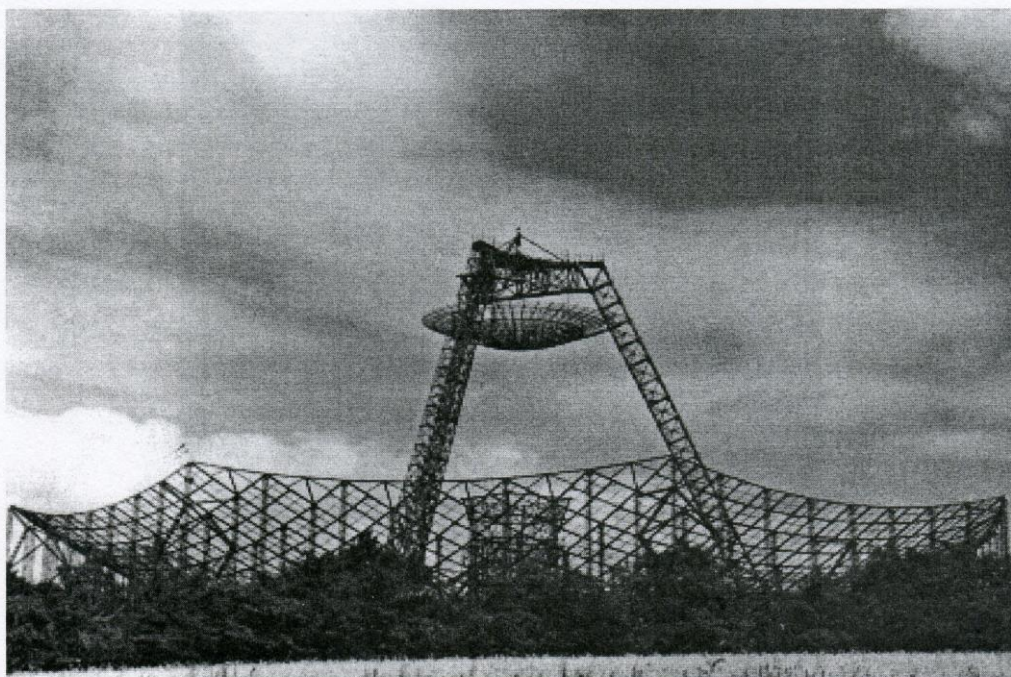
Клиноотрон, диапазон рабочих частот – 440 + 510 ГГц, выходная мощность – 50 мВт. Фотография любезно предоставлена Д. М. Вавривым (РИ)



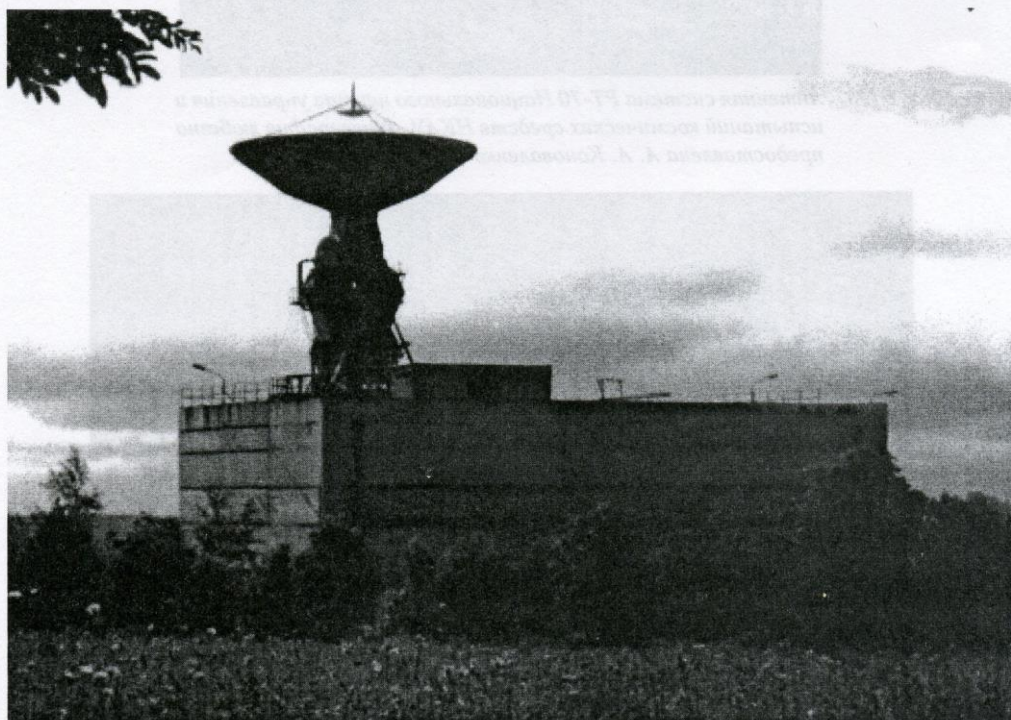
Антенная система RT-70 Национального центра управления и испытаний космических средств НКАУ. Фотография любезно предоставлена А. А. Коноваленко (РИ)



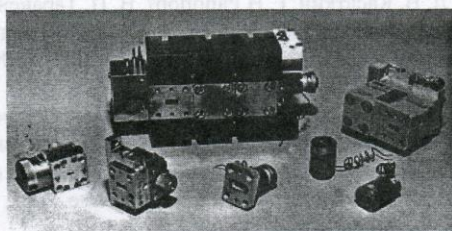
Украинская Антарктическая станция "Академик Вернадский", антенная система для вертикального зондирования ионосферы. Фотография любезно предоставлена Ю. М. Ямпольским (РИ)



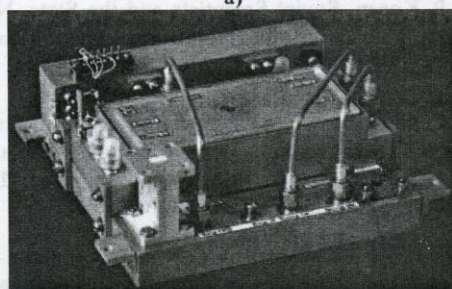
Обсерватория ИИ. Антенная система диаметром 100 м радиолокатора некогерентного рассеяния для зондирования ионосферы. Фотография любезно предоставлена В. И. Тараном (ИИ)



Радиофизическая обсерватория кафедры космической радиофизики ХНУ. Фотография любезно предоставлена О. Ф. Тырновым (ХНУ)



а)



б)

Разработки НИИ "Орион": а) импульсные и непрерывные источники мощности ММ диапазона волн на лавинно-пролетных диодах, б) когерентный приемопередатчик Ka-диапазона для мобильных РЛС ближнего радиуса действия. Фотографии любезно предоставлены Л. В. Касаткиным ("Орион")



а)



б)

Разработки ОАО "НПП "Сатурн": а) радиорелейная станция для передач программ телевидения, б) радиолокационный уровень 3-см диапазона. Фотографии любезно предоставлены Ю. Н. Муськиным ("Сатурн")

Литература

1. А. В. Гапонов-Грехов, М. А. Миллер. Радиофизика. Физический энциклопедический словарь. Гл. ред. А. М. Прохоров. Ред. кол.: Д. М. Алексеев, А. М. Бонч-Бруевич, А. С. Боровик-Романов и др. Москва. Сов. Энциклопедия, 1984, с. 611-612.
2. В. В. Мигулин. Радиофизика. Развитие физики в СССР. Т 2. Гл. ред. Л. А. Арцимович. Ред. кол.: А. А. Абрикосов, В. И. Векслер, Б. М. Вул и др. Москва, Наука, 1967, с. 209-232.
3. А. И. Nosich, Y. M. Poplavko, D. M. Vavriv, and F. I. Yanovsky. IEEE Microwave Magazine. 2002, 3, No 4, pp. 82-90.
4. Ю. А. Храмов. Физики: Биографический справочник. Под ред. А. И. Ахиезера. Москва, Наука, Главная редакция физико-математической литературы, 1983, 400 с.
5. Ю. В. Павленко, С. П. Руда, С. А. Хорошев, Ю. О. Храмов. Природознавство в Україні до початку ХХ ст. В історичному, культурному та освітньому контекстах. Київ, Видавничий дім "Академперіодика", 2001, 420 с.
6. Н. И Кузнецова. Вестник Российской академии наук. 2004, 74, № 2, с.160-166.
7. С. В. Кульчицкий, Ю.В. Павленко, С. П. Руда, Ю. О. Храмов. Історія Національної академії наук України в суспільно-політичному контексті. 1918-1999. Київ, Фенікс, 1991, 528 с.
8. Ю. В. Павленко, Ю. Н. Ранюк, Ю. А. Храмов. "Дело" УФТИ. Київ, Фенікс, 1998, 324 с.
9. Н. Л. Полякова. Дмитрий Апполинариевич Рожанский (1982-1936). Труды физического отделения Физико-математического факультета Харьковского государственного университета. 1953, вып. 4, с. 5-16.
10. В. К. Ткач. Абрам Александрович Слуцкий. Труды физического отделения Физико-математического факультета Харьковского государственного университета. 1953, вып. 4, с. 17-22.
11. Ю. А. Храмов. История формирования и развития физических школ на Украине. Київ, Фенікс, 1991, 216 с.
12. А. Я. Усиков. Радиотехника. 1982, №12, с. 5-14.
13. А. А. Костенко, А. И. Носич. Радиофизика и Электроника. Харьков, ИРЭ НАН Украины, 1998, 3, №3, с. 7-32.
14. Институт радиофизики и электроники. Под ред. В. П. Шестопалова. Київ, Наукова думка, 1985, 132 с.
15. А. А. Костенко, А. И. Носич. Радиофизика и Электроника. Харьков, Ин-т радиофизики и электроники АН УССР, 2002, 7, №1, с. 9-35.
16. Л. В. Касаткин, Г. Н Рапопорт, В. П. Тараненко. Радиофизика и Электроника. Харьков, Ин-т радиофизики и электроники АН УССР, 2003, 8, №1, с. 159-162.
17. 35 лет научно производственной деятельности ОАО "НПП "Сатурн". Под ред. А. И. Политихина. Київ, Изд-во ОАО "НПП "Сатурн", 2003, 378 с.
18. А. С. Попович. Наука и науковедение. 2002, 35, № 1, с. 36-46.
19. P. Kneen. Soviet Scientists and the State. New York, State University of New York Press, Albany, 1984, 138 pp.
20. <http://radar.kharkov.com>
21. Радиофизический факультет Харьковского Национального университета им. В.Н. Каразина. 50 лет. Под ред. В. А. Свича. Харьков, Изд-во ХНУ, 2002, 164 с.

Research into Radio Physics in Ukraine

A. A. Kostenko, A. I. Nosich,
and V. M. Yakovenko

Ukraine's efforts in radio physics are shown historically covering the period from the end of the 19th century until present. The contribution of masterminds in the field to foundation and shaping of research areas and schools is emphasized. The major steps in the development of radio physics in Ukrainian universities and research institutes, including those of the National Academy of Sciences, are traced against the background of socio-political and economic reforms.