

М. М. Кугейко, И. С. Манак

ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ НА КАФЕДРЕ КВАНТОВОЙ РАДИОФИЗИКИ И ОПТОЭЛЕКТРОНИКИ

В целях приведения в соответствие наименований кафедр с реальным содержанием проводимой ими работы заместитель министра Минвуза БССР Ф. Н. Капуцкий подписал приказ № 330 от 21 июня 1982 г. о переименовании кафедры электрофизики Белгосуниверситета в кафедру квантовой радиофизики и оптоэлектроники. Первое упоминание о кафедре электрофизики содержится в приказе ректора БГУ К. И. Лукашева № 178 от 7 сентября 1953 г., где объявлен профессорско-преподавательский состав кафедр БГУ на 1953–1954 учебный год в соответствии со штатным расписанием № 413 от 23.03.1953 г. На кафедре электрофизики было 2 сотрудника при вакансиях заведующего кафедрой и доцента: совместитель кандидат физико-математических наук, доцент В. И. Арабаджи и штатный сотрудник ассистент С. А. Кисляков, работавшие ранее на кафедре общей и экспериментальной физики.

Описание структурных изменений на физико-математическом факультете, связанных с образованием новых кафедр, содержится в резолюции кафедры общей и экспериментальной физики по вопросам перестройки работы от 29.11.1952 г. В частности, в ней говорится, что «для устранения организационных недостатков в работе кафедр ходатайствует перед деканом факультета и ректором БГУ о создании дополнительных специальных кафедр по экспериментальной физике, чтобы наряду с кафедрой общей физики существовали кафедра физической оптики, кафедра электрофизики и кафедра молекулярной физики, целесообразность создания которых определяется научными требованиями, которые предъявляют к кафедре предприятия республики». Приказом ректора № 188 от 17.06.1954 г. старший преподаватель кафедры общей и экспериментальной физики М. К. Шидловский назначен на вакантную должность доцента кафедры электрофизики с 1.06.1954 г., приказом № 292 от 14.09.1954 г. на него были возложены обязанности и. о. заведующего кафедрой, а 9 мая 1958 г. он был избран по конкурсу на эту должность. Тематика научных исследований кафедры концентрировалась в направлении изучения электрофизических и фотоэлектрических свойств полупроводников, а также свойств полупроводников в сильных электрических полях (М. К. Шидловский, В. А. Путан, С. А. Кисляков).

После преждевременной кончины доцента М. К. Шидловского с 30 апреля 1961 г. по 1 сентября 1962 г. и. о. заведующего кафедрой электрофизики был старший преподаватель В. А. Путан.

Осенью 1962 г. кафедру электрофизики физического факультета возглавил переехавший из Ленинграда (ГОИ им. С. И. Вавилова) Владимир Гаврилович Вафиади, которому 27 апреля 1963 г. была присуждена ученая степень доктора физико-математических наук, в сентябре 1964 г. присвоено звание профессора, а в 1966 г. он был избран членом-корреспондентом АН БССР. Под непосредственным руководством В. Г. Вафиади на кафедре начались исследования в области оптической локации и светодальнометрии, радиационной пирометрии, фотоэлектрической автоматики, физики атмосферы и астрофизики. В частности, в области оптической локации проводились работы по способам модуляции и демодуляции лазерного излучения, в том числе, излучения полупроводниковых инжекционных лазеров (И. А. Кобак, И. С. Манак, А. Ф. Шилов), по габаритному расчету светолокационных светодальномеров (Б. Ю. Ханох), разрабатывалась аппаратура на электронно-оптических преобразователях и ФЭУ для исследования быстропротекающих процессов (М. Г. Лившиц, В. Ф. Силук), в том числе в плазме (М. Г. Лившиц, Е. Г. Мартинков). Второе направление – это измерение температур слабонагретых тел радиационными, в основном сканирующими, пирометрами (Э. Н. Александрова, Ж. П. Клечковская, В. Г. Пикублик, А. В. Федотенко, Л. Ф. Корзун, В. И. Зубко). Радиационные пирометры использовались также для дефектоскопии различных изделий: проволоки, труб и т. д. (И. Г. Леонов, Л. Ф. Корзун), конструкций корпусов космических аппаратов (И. Г. Леонов, Г. Н. Цеханский, А. И. Соколик), для контроля качества холодильных агрегатов (И. Г. Леонов, Г. Н. Цеханский) и изделий микроэлектроники (А. В. Федотенко). С использованием точечного радиационного пирометра с линейным разрешением ~ 8 мкм исследован тепловой режим работы полупроводниковых инжекционных лазеров (С. Д. Жарников, И. С. Манак). Фотоэлектрическая автоматика развивалась в направлении применения фотоэлектрических следящих систем для гидирования телескопов (А. П. Почкаев, Кхонг Динь Хонг). Четвертое направление соприкасается с областями геофизики и фотоэлектрической автоматики. Сканирующим фотоэлектрическим устройством исследуются распределение яркости и контрастов по небосводу, и измеряются пространственные частоты поля лучистости в различных участках спектра (В. В. Долинин, И. А. Кобак,

О. П. Кузнечик – в участках 1,8–2,7; 3,6–4,2 и 4,5–5,2 мкм; Н. М. Ельяшевич (Ксенофонтова) – в длинноволновой области спектра 20–25 мкм методом остаточных лучей; в участке спектра 4,5–5,2 мкм В. В. Долинин, О. П. Кузнечик, Г. С. Синяков). В работах последнего направления принимали также участие В. М. Колесников, А. П. Почкаев и Б. Ю. Ханох. Начались работы в области гибкой оптики большого диаметра в ИК диапазоне для пирометрических, светодальномерных, астрофизических и астрономических приложений (А. А. Русак).

Продолжались успешно начатые в ГОИ им. С. И. Вавилова В. Г. Вафиади исследования по модуляторам оптического излучения. В частности, Н. А. Ушаковой и А. И. Соколикком была существенно улучшена конструкция модулятора на оптическом контакте. Н. А. Ушакова разрабатывала и исследовала также оптико-электронные приборы в применении и фотометрии протяженных космических объектов, в том числе Марса во время великого противостояния планет в 1969 г.

На кафедре электрофизики под руководством В. Г. Вафиади успешно защитили кандидатские диссертации Л. Н. Лук, Б. Ю. Ханох, Кхонг Динь Хонг, А. Ф. Шилов, Джон Джастис Флетчер, Е. Г. Мартинков, О. П. Кузнечик, Н. А. Ушакова.

В 1969 г. под общей редакцией В. Г. Вафиади и М. М. Мирошникова в издательстве БГУ вышла коллективная монография «Радиационные измерения температур слабонагретых тел», а в 1970 г. – монография В. Г. Вафиади и Ю. В. Попова «Скорость света и ее значение в науке и технике».

С 1962 г. на кафедре начались исследования в области теории антенн (А. Н. Казарин). Однако они были прекращены в 1963 г., так как с марта 1963 г. была образована кафедра радиофизики и электроники СВЧ, и. о. заведующего которой был назначен В. А. Путан, работавший в этой должности по октябрь 1965 г. Вместе с ним на кафедру радиофизики и электроники СВЧ перешли доцент А. Н. Казарин и старший преподаватель В. И. Лаврукович.

С приходом на должность заведующего кафедрой В. Г. Вафиади начинается тесное сотрудничество с ГОИ им. С. И. Вавилова (г. Ленинград), почти на тридцать лет определившее направленность научных исследований сотрудников и преподавателей кафедры. С 1972 г. кафедру электрофизики возглавил ученик В. Г. Вафиади, кандидат физико-математических наук, доцент А. Ф. Шилов, который оставался в этой должности 15 лет. В 1974–1975 учебном году в связи с научной стажир-

ровкой А. Ф. Шилова в США, исполняющим обязанности заведующего кафедрой был кандидат технических наук, доцент В. Г. Пикулик.

Именно в эти годы получил дальнейшее развитие гетеродинный способ приема и измерения параметров излучения полупроводниковых лазеров, модулированного сверхвысокими частотами, теоретически описаны режимы преобразования частоты и фазового детектирования в ФЭУ (И. А. Кобак, И. С. Манак, А. Ф. Шилов), созданы генераторы накачки полупроводниковых инжекционных лазеров (И. А. Кобак, В. Г. Пикулик) и фотоэлектронные устройства на лавинных фотодиодах в режимах гетеродинирования и динамического смещения (В. И. Лаврукович, В. Г. Пикулик, Г. Е. Писаков, А. Е. Пискунов), разработаны методики и аппаратура для исследования динамических, пространственно-временных, спектральных, тепловых, поляризационных, электрофизических и излучательных характеристик инжекционных лазеров (И. С. Манак, А. Ф. Шилов, И. А. Кобак, Е. Д. Карих, В. Г. Пикулик, С. Д. Жарников, В. М. Колесников, А. М. Лисенкова, студенты В. В. Смоляков, М. Е. Клокова, Ю. Л. Журавский, М. П. Бобко, И. В. Лешкевич, Ю. В. Пучин, А. Н. Бондаренко, С. Б. Михнюк, Н. В. Фалькова, Е. В. Карачун (Павловец) и др.), выполнен цикл работ по вторичным процессам в полупроводниковых излучателях на основе прямозонных полупроводников, предложена оригинальная методика определения внутреннего квантового выхода люминесценции, не требующая абсолютных измерений мощности излучения (Е. Д. Карих).

Исследовались деградационные процессы в полупроводниковых инжекционных лазерах и светодиодах при воздействии радиации (А. В. Баркова, И. С. Манак) и в процессе эксплуатации (И. С. Манак, А. В. Баркова, Т. А. Сырникова), а также инжекционный и лазерный отжиг радиационных дефектов (И. С. Манак, А. В. Лютов, В. В. Мельниченко).

Были разработаны также системы накачки для отпаянных трубок с полупроводниковой мишенью, возбуждаемой электронным пучком (К. Н. Коростик, И. С. Манак, В. М. Стецки, В. В. Шейченко), устройства интегральной оптики с обработкой информации в реальном времени (И. Д. Бондаренко, И. С. Манак, В. М. Колесников, Е. П. Колик), система обнаружения источника лазерного излучения на местности (И. А. Кобак, К. Н. Коростик, Е. Д. Карих, Т. Н. Матвеев, Д. Е. Мартинков). Изучены спектрально-люминесцентные характеристики высококонцентрированных активных сред, перспективные для создания твердотельных мини- и

микролазеров (К. Н. Коростик, И. С. Манак, С. Д. Жарников, Н. Е. Коренда). Предложены конструкции двух твердотельных микролазеров на основе высококонцентрированных сред с оптической накачкой от линеек инжекционных лазеров, на которые получены два авторских свидетельства (Н. Д. Бондаренко, Е. Д. Карих, И. С. Манак, А. Ф. Шилов).

С 1971 г. на кафедре электрофизики интенсивно начало развиваться направление исследований в области построения астрофотометрической аппаратуры в инфракрасном диапазоне спектра и к 1979 г. были разработаны 4 модификации ИК астрофотометров и проведена их аттестация (В. М. Колесников).

В русле развития элементной базы для светолокационных дальномеров активизировались исследования в области тетраэдрических многоэлементных отражателей (Б. Ю. Ханох, И. Д. Бондаренко) и автоколлимационных систем (И. Д. Бондаренко), результаты которых были обобщены в вышедших в издательстве БГУ монографиях Б. Ю. Ханоха «Оптические отражатели тетраэдрического типа в активных системах» (1982 г.) и И. Д. Бондаренко «Принципы построения фотоэлектрических автоколлиматоров» (1984 г.).

Продолжались работы по пирометрии, в частности, был разработан пирометр спектральных отношений (Б. Ю. Ханох, А. В. Сопелев) и тепловизор для медицинских целей (И. Д. Бондаренко, Б. Ю. Ханох, В. А. Фираго).

Под научным руководством А. Ф. Шилова были защищены кандидатские диссертации И. А. Кобаком, И. С. Манаком, Г. Н. Цеханским и Е. Д. Карих.

С 1 января 1988 г. кафедру возглавил прошедший по конкурсу на эту должность доктор физико-математических наук, профессор И. А. Малевич. С его приходом на кафедре была организована научно-исследовательская лаборатория лазерных систем (научный руководитель – И. А. Малевич, заведующий лабораторией – С. И. Чубаров). Под руководством И. А. Малевича были разработаны теория и методы построения систем лазерной гидрооптики подводного и высотного базирования (С. И. Чубаров, И. И. Вельджанов, М. М. Кугейко, А. К. Ясаков, А. Н. Бородавко), теория и методы обнаружения в океане следов объектов искусственного и естественного происхождения на основе корреляции рассеянных световых полей и их упругого, комбинационного рассеяния и люминесцентного излучения (А. К. Ясаков, М. М. Кугейко, Н. М. Ксенофонтова); теория и методы лазерной доплеровской анемо-

метрии нестационарных потоков (С. И. Чубаров); теория и методы построения оптической памяти адаптивного типа в реальном масштабе времени; методы построения оптических вычислителей регенеративного типа (С. В. Процко, С. И. Чубаров, А. В. Поляков, К. Н. Коростик); методы анализа сигналов рассеяния относительно оптических и микрофизических параметров атмосферы и гидросферы (М. М. Кугейко, А. Н. Бородавка); методы и системы лазерной стабилизации иммунной системы (С. И. Чубаров, С. Д. Жарников, А. М. Лисенкова, Н. М. Ксенофонтова). Продолжаются работы по синтезу образцовых мер времени.

В 1994 г. в издательстве «Университетское» выходит монография И. А. Малевича, Д. А. Ефременко, Э. И. Табачника «Синтез образцовых многозначных мер времени», а ЦНИИ «Электроника» (г. Москва) в 1990 г. издает книгу А. М. Лисенковой, И. С. Манака «Тепловой режим работы инжекционных лазеров».

В рамках сотрудничества с ГОИ им. С. И. Вавилова в 1984–1990 г.г. продолжались работы по поисково-обзорным лазерным системам, в которых принимали участие А. Ф. Шилов (научный руководитель), В. А. Фираго, Е. П. Колик, Е. Д. Карих, К. Н. Коростик, В. Л. Козлов, И. А. Кобак, А. В. Баркова, Ж. П. Ключевская, А. М. Лисенкова, Т. Н. Матвеевко.

Под руководством профессора И. А. Малевича в этот же период на морской базе ГОИ им. С. И. Вавилова на Черном море ведутся работы по натурным исследованиям характеристик морской среды с помощью совместно созданной лидарной системы высотного базирования, а также подводной системы фотометрирования световых потоков. С использованием новых методик обработки результатов измерений впервые по результатам зондирования с вертолета были получены профили коэффициентов ослабления оптического излучения как на атмосферных участках зондирования, так и в водной среде, выявлены аномалии в значениях оптических характеристик в приводном слое.

Важным достижением данного периода следует считать разработку концепции «безаприорности» в оптико-физической диагностике неоднородных рассеивающих сред и на ее основе новых методов зондирования атмосферы, водных сред, подстилающей поверхности, позволяющих максимально устранить влияние различных дестабилизирующих факторов на результат измерений. По данному научному направлению в 1994 г. защищена докторская диссертация М. М. Кугейко.

На кафедре не прекращаются исследования и по традиционным для нее направлениям. Так, активно и успешно ведутся работы по дальнометрии. Результатом работы в этой области является защита кандидатских диссертаций В. Л. Козловым (1996 г.) и К. Н. Коростиком (1994 г.). По результатам исследований яркости и контрастов по небосводу и разработанным методам выделения объектов на этом фоне защищена кандидатская диссертация В. А. Фираго (1991 г.).

Получили дальнейшее развитие методы радиационной пирометрии. В период 1992–1993 г.г. разработан бесконтактный низкотемпературный пирометр с диапазоном измеряемых температур $-30\text{ }^{\circ}\text{C} - +500\text{ }^{\circ}\text{C}$ с погрешностью измерения $1\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\%$. в дальнейшем был освоен и выпуск измерителей температуры на базе данной разработки с диапазоном измерений $30\text{ }^{\circ}\text{C} - 1000\text{ }^{\circ}\text{C}$ (В. Л. Козлов, С. И. Чубаров)

С 1994 г. под руководством И. А. Малевича начались работы по исследованию и разработке элементов оптического компьютера (оптических вычислителей, запоминающих устройств регенеративного типа (С. И. Чубаров, К. Н. Коростик, С. В. Процко)). На основе разработанных новых типов тетраэдрических отражателей (С. В. Процко) были предложены и реализованы ряд оптических логических элементов. В 1992г. в производственном объединении «Белвар» внедрен в производство электронный модуль измерителя концентрации нитратов в различных средах (С. И. Чубаров, А. Н. Бородавко, А. Н. Шило). Создаются терапевтические установки на основе полупроводниковых лазеров инфракрасного излучения с перестраиваемыми параметрами (С. Д. Жарников, С. И. Чубаров).

Своим решением от 27 октября 1992 г. Совет факультета радиофизики и электроники поддержал предложение кафедры квантовой радиофизики и оптоэлектроники об организации студенческой научно-исследовательской лаборатории (СНИЛ) «Полупроводниковые лазеры» (научный руководитель доцент И. С. Манак). В связи с этим была упразднена существовавшая ранее СНИЛ кафедры (научный руководитель доцент Г. Н. Цеханский). Приоритет в работе СНИЛ полупроводниковых лазеров изначально был отдан фундаментальным исследованиям в области инжекционных лазеров, включая квантоворазмерные лазеры на основе многослойных асимметричных гетероструктур и полупроводниковых легированных сверхрешеток, а также их практическим приложениям: лазерная диодная и светодиодная спектроскопия и оптико-медицинское приборостроение.

В связи с переходом в феврале 1996 г. И. А. Малевича на дипломатическую работу исполняющим обязанности заведующего кафедрой был назначен доцент Е. Д. Карих, а с сентября 1997 г. кафедру возглавил доктор физико-математических наук М. М. Кугейко.

К данному времени на кафедре первостепенное значение получили следующие научные направления: разработка полупроводниковых излучающих структур и элементов функциональной оптоэлектроники; разработка теории и методов оптико-физической диагностики аэродисперсных сред; разработка методов и систем высокоточной лазерной дальнометрии и пирометрии; лазерная медицина и интерферометрия.

К основным результатам, полученным за период с 1997г. можно, в частности, отнести следующие: развита теория квантоворазмерных инжекционных лазеров на основе асимметричных многослойных гетероструктур и лазерных сверхрешеток и предложены новые элементы функциональной оптоэлектроники (А. А. Афоненко, В. К. Кононенко, И. С. Манак, С. В. Наливко, Д. В. Ушаков); предложены новые методы определения оптических характеристик рассеивающих сред, в том числе на переходных участках слоисто-неоднородных сред, с использованием концепции «безаприорности» (М. М. Кугейко, Д. М. Оношко); разработаны способы определения содержания газовых составляющих в сложных многокомпонентных средах (М. М. Кугейко, В. А. Фираго); созданы измерители СО, метана, влажности (В. А. Фираго); разработаны «бескалибровочный» измеритель коэффициентов ослабления, прозрачности водных сред, растворов (М. М. Кугейко, В. А. Фираго), система определения дефектов в металлоконструкциях, низкотемпературный бесконтактный пирометр для новорожденных (В. Л. Козлов, С. И. Чубаров); исследовано влияние температуры и флуктуационных эффектов на процесс рециркуляции в оптоэлектронных системах динамического типа (К. Н. Коростик, А. В. Поляков); разработан и создан совместно с КБТЭМ ОМО концерна «Планар» не имеющий аналогов в стране и за рубежом многоканальный лазерный интерферометр (В. Е. Матюшков, В. К. Самохвалов, В. М. Стецик, В. М. Колесников).

Разработанные и созданные В. Г. Пикуликом портативный оптико-электронный прибор для пространственного ориентирования лиц, потерявших зрение, модульное фотоприемное устройство, малогабаритный импульсный излучающий модуль широко представляются на различных международных и республиканских выставках. Это касается и портативного аппарата инфракрасной лучистой энергии (С. И. Чубаров), пиро-

метров (В. Л. Козлов, С. И. Чубаров), измерителя влажности в теплицах (В. А. Фираго).

В области лазерной медицины совместно с кафедрой биохимии биофака БГУ стали интенсивно проводиться исследования по лазерофарезу (А. М. Лисенкова, В. В. Сенчук). В. А. Фираго, И. А. Кобаком, А. А. Скобляковым разработан оптико-электронный диагностический комплекс (12-ти каналный кардиограф, пульсоксиметр, плетизмограф) для обеспечения лабораторного практикума в Белорусском государственном медицинском университете.

Все эти годы успешно функционировала на кафедре СНИЛ полупроводниковых лазеров, ставшая серьезным научным подразделением, где успешно прошли апробацию новые современные технологии образования. За 10 лет студентами СНИЛ полупроводниковых лазеров опубликовано 148 статей, 216 тезисов докладов, получено 6 патентов на изобретение, студенты являются соавторами 7 учебно-методических пособий и 24 отчетов о НИР. 24 студента стали лауреатами Республиканского смотра студенческих научных работ по физике с награждением дипломом 1-й степени и денежной премией, 14 студентов награждено свидетельствами Совета специального фонда Президента Республики Беларусь за лучшую научную работу по физике. В СНИЛ выполнено 9 магистерских диссертаций, 8 бывших членов СНИЛ стали кандидатами наук, причем 5 диссертаций подготовлено в СНИЛ: А. А. Афоненко (1997 г., научный руководитель доцент И. С. Манак), С. В. Наливко (1999 г., научные руководители профессор В. К. Кононенко, доцент И. С. Манак), Д. В. Ушаков (2000 г., научные руководители профессор В. К. Кононенко, доцент И. С. Манак), Д. М. Оношко (2002 г., научный руководитель д. ф.-м. н. М. М. Кугейко) и А. В. Поляков (2002 г. научные руководители профессор И. А. Малевич и к. ф.-м. н. К. Н. Коростик), 3 защищены в срок и 1 досрочно. Дважды, в 2001 и 2003 г.г. СНИЛ получала Гранты финансовой поддержки спецфонда Президента Республики Беларусь.

В 1999 г. в издательстве «Белгосуниверситет» выходит монография М. М. Кугейко «Лазерные системы (в условиях априорной неопределенности)», в 2003 г. монография М. М. Кугейко, Д. М. Оношко «Теория и методы оптико-физической диагностики неоднородных рассеивающих сред».

Таким образом, сочетание научно-исследовательской работы преподавателей, научных сотрудников, аспирантов и студентов в НИЛ и СНИЛ кафедры позволяло решать важные научные задачи и способствовало повышению качества образования.