

УДК 621.372.8

## Дерюгин Лев Николаевич — основатель нового научного направления «Интегральная (планарная) оптика»

**А. Н. Осовицкий**

*Кафедра радиофизики  
Российский университет дружбы народов  
ул. Миклухо-Маклая, д.6, Москва, 117198, Россия*

Описывается вклад профессора Дерюгина Л.Н. в развитие интегральной оптики. Перечислены основные пионерские достижения учёных кафедры радиофизики УДН в теоретических, технологических и экспериментальных исследованиях в интегральной оптике.

**Ключевые слова:** интегральная оптика, Дерюгин Л.Н., кафедра радиофизики УДН, планарные элементы.

Кафедра радиофизики Университета дружбы народов (УДН) была создана в ноябре 1961 года. Ректор Университета профессор Румянцев Сергей Васильевич пригласил возглавить её молодого профессора кафедры радиопередающих и антенно-фидерных устройств Московского авиационного института Льва Николаевича Дерюгина. И это было не случайно. Дело в том, что Румянцев С.В. долгие годы работал в МАИ, и они достаточно хорошо знали друг друга. Вместе со Львом Николаевичем в УДН пришёл Сотин Валерий Ефимович, Обичкина Ирина Фёдоровна. Сотрудниками кафедры стали уже работающие на факультете доцент Черемискин Игорь Васильевич, Владимирова Людмила Сергеевна, Семёнов Александр Александрович, Корольков Иван Фёдорович.

В первые два года основное внимание сотрудников кафедры было сосредоточено на разработке учебных планов и программ, подготовке лекционных курсов, создании многочисленных учебных лабораторий. Можно только восхищаться людьми, сумевшими за столь короткий интервал времени на новом месте создать хорошо оснащённую современную кафедру. Но, несмотря на огромный объём учебно-методической работы, в эти первые годы на кафедре идёт процесс становления научной деятельности.

В данной статье мне хотелось бы остановиться на интенсивной и плодотворной научной деятельности Льва Николаевича и коллектива кафедры, которая привела к созданию нового направления технической физики — интегральной оптики.

В архиве кафедры сохранился уникальный документ. На двенадцати страницах рукописного текста Лев Николаевич изложил подробный план научной работы по созданию монотрона — устройства для генерации и усиления волн видимого и инфракрасного диапазонов. В отличие от разрабатываемых и известных конструкций лазеров предлагалось осуществлять усиление и генерацию оптического излучения за счёт взаимодействия замедленных оптических волн с потоком ускоренных электронов (по аналогии с лампами бегущей или обратной волн в СВЧ диапазоне). К сожалению, на документе нет даты, но по логике он относится к концу 1962 — началу 1963 годов. И самое удивительное состоит в том, что сформулированные в этом плане научные и технические проблемы и задачи долгие годы были в центре внимания многих исследователей в ведущих странах мира. Конечно, составлением плана дело не ограничилось, и с 1963 года началась практическая работа по этому плану.

В 1965 году под руководством профессора Л.Н. Дерюгина завершается научно-исследовательская работа со следующим названием: «Исследования волноводных и излучающих устройств светового и инфракрасного диапазона». Кроме Льва Николаевича авторами этой работы были Сотин Валерий Ефимович и аспирант кафедры Марчук Альберт Николаевич. В мае этого же года часть изложенных в

---

Статья поступила в редакцию 15 декабря 2009 г.

А. Н. Осовицкий — к.ф.-м.н., доцент кафедры радиофизики РУДН.

отчёте материалов была представлена на первой научной конференции факультета физико-математических и естественных наук УДН. Собственно с этих работ в Советском Союзе, да и, наверное, в мире начались интенсивные исследования, которые в дальнейшем привели к созданию новой области технической физики. Эта область, рождённая на стыке современной оптики и электроники, в 1969 году получила название интегральной (планарной) оптики.

В отличие от классической оптики, в которой используются объёмные световые пучки с поперечными размерами, значительно превышающими длину световой волны, интегральная оптика имеет дело со световыми пучками, сосредоточенными в структурах, толщина и ширина которых порядка длины волны света. Интерес к интегральной оптике был вызван не только чисто научным аспектом, но и техническими перспективами, которые она открывала в направлении создания интегрально-оптических схем. Схем, слабо подверженных внешним воздействиям, экономичных в работе и дешёвых при серийном производстве. Подобные устройства были и остаются необходимыми для широкополосных систем оптической связи, быстродействующих компьютеров, систем обработки информации.

Первые итоги работы научного коллектива кафедры по интегральной оптике были подведены в 1968 году. В декабре этого года на базе Московского энергетического института прошло Всесоюзное совещание по теории и применению диэлектрических волноводов. На нем сотрудники кафедры радиофизики представили 8 докладов. Кроме уже упомянутых Сотина В.Е. и Марчука А.Н. с докладами на совещании выступили Аникин В.И., Осовицкий А.Н. и Реутов А.Т. Представленные доклады и их активное обсуждение показали, что на кафедре радиофизики УДН сформировалась научная школа профессора Дерюгина Л.Н. и эта школа занимает ведущие позиции в СССР в формировании нового научного направления — интегральная оптика.

В последующие годы основное внимание исследователей по интегральной оптике на кафедре было сосредоточено на технологических и экспериментальных направлениях. Если первые образцы волноводов оптического диапазона и другие простейшие элементы изготавливались на самодельных напылительных установках, то в 1971 кафедра приобрела современную вакуумную напылительную установку РР-601 (производство ЧССР). Позже была введена в эксплуатацию голографическая установка, что позволило изготавливать дифракционные структуры субмикронных размеров. Регулярно обновлялся парк и другого оборудования (поступали новые образцы лазеров, регистрирующих устройств), осваивались новые технологии и материалы. Конечно, широким фронтом велись и теоретические исследования.

Не останавливаясь подробно на конкретных результатах исследований, полученных на кафедре за эти годы, отметим лишь, что созданная Львом Николаевичем научная школа к 1978 году выполнила целый ряд пионерских работ, приоритетность которых признана и у нас в стране, и за рубежом. Укажем основные из них.

- Впервые поставлена задача создания планарных волноводов и волноводных устройств оптического диапазона, указана перспективность их применения для модуляции, сканирования нелинейного преобразования и детектирования световых пучков.
- В качестве основы планарной оптики впервые предложены несимметричные трёхслойные волноводы. Разработана теория и методы исследования таких волноводов, изготовлены опытные образцы и определены их основные характеристики.
- Исследованы и развиты различные методы получения подобных волноводов видимого и инфракрасного диапазонов – высокочастотное распыление, твердотельная диффузия.
- Разработана теория канальных (полосковых) волноводов с различной формой поперечного сечения.
- Предложен, теоретически исследован и осуществлён призмный (туннельный) метод ввода излучения в волноводы интегральной оптики. Ввиду своей простоты и эффективности этот метод ввода сыграл важную роль при изучении планарных волноводов.

- Путём сочетания методов оптической голографии и ионного травления были созданы периодические волноводные структуры с периодом вплоть до 0,2 микрометров.
- Впервые разработана теория нелинейных и параметрических процессов в планарных волноводах, осуществлены основные нелинейные преобразования света. Теоретически и экспериментально обнаружен эффект излучения волн из регулярных нелинейных волноводов, не имеющих аналогов в объёмной оптике.
- Созданы тонкоплёночные лазеры на основе органических красителей с кольцевыми резонаторами и резонаторами, использующими брэгговское отражение в периодических волноводных структурах.

В 1975 году кафедру посетил известный специалист в области интегральной оптики профессор Даниэль Островски (Tonson CSF, Франция). Он выступил с публичной лекцией «О перспективах интегральной оптики» перед представителями научных коллективов Москвы. Ознакомившись с результатами научной работы кафедры и оснащением её лабораторий, профессор Д. Островски был удивлён высочайшей квалификацией её сотрудников, уровнем и широтой научных исследований, проводимых на кафедре.

Аналогичное впечатление оставило посещение кафедры у члена Королевского общества, кавалера Ордена Британской империи, профессора, сэра Эрика Эша. Профессор отметил, что первые работы по интегральной оптике, выполненные на кафедре, опередили на несколько лет подобные исследования английских и американских учёных. Доктор Э. Эш предложил сотрудникам кафедры направлять научные статьи для публикации в известный физический журнал «Electronics Letters», редактором которого он являлся. Кроме того, он пригласил сотрудников кафедры посетить возглавляемую им кафедру электроники и электротехники Лондонского Университетского колледжа.

Конечно, исследования по интегральной оптике проводились и в других научных коллективах СССР. В конце 60-х в Могилевском филиале Института физики АН БССР сформировался научный коллектив под руководством академика АН Белоруссии, директора филиала Гончаренко А.М. Этот коллектив проводил интенсивные и обширные исследования по теории и технологии волноводных систем интегральной оптики. В начале 70-х годов к исследованиям в области интегральной оптики подключается большая группа сотрудников Физического института АН СССР им. Лебедева во главе с Прохоровым Александром Михайловичем — лауреатом Нобелевской и Ленинской премий, академиком АН СССР, директором Института Общей физики АН СССР. В Ленинграде в Физико-техническом институте им. А.Ф. Иоффе АН СССР под руководством члена-корр. АН СССР Алфёрова Жореса Ивановича (будущего лауреата Нобелевской премии) успешно ведутся работы по созданию интегрально-оптических схем на основе гетеропереходов.

Промежуточные итоги развития интегральной оптики на кафедре и других научных коллективах Советского Союза подведены в обзорной статье «О развитии интегральной оптики в СССР», которая была подготовлена Львом Николаевичем в соавторстве с академиком АН СССР Прохоровым А.М., академиком АН БССР Гончаренко А.М. и профессором Шипуло Г.П. (Институт общей физики АН СССР). В этой статье впервые обобщены основные результаты исследований по интегральной оптике, выполненные в упомянутых выше четырёх ведущих научных коллективах Советского Союза. Собрана обширная библиография публикаций (более 150 наименований) этих научных коллективов, работающих в тесном сотрудничестве.

В 1979 году Лев Николаевич вместе с доцентами кафедры Сотиным В.Е. и Гудзенко А.И. выдвигается на Государственную Премию за «Цикл работ по созданию и развитию интегральной оптики». В этот авторский коллектив входят также сотрудники трёх крупных научных центров, внесших значительный вклад в это научное направление: Институт физики АН БССР, Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе АН СССР и Физический институт им. П.Н. Лебедева АН СССР.

К сожалению, комиссия по присуждению премии не сочла возможным её присудить, сославшись на отсутствие серийных образцов интегрально-оптических схем. В 1982 году вышла обстоятельная статья Льва Николаевича «Возможности,

ограничения и проблемы развития планарной, волноводной оптики». Обобщив потенциальные возможности и достоинства интегральной (планарной) оптики, Лев Николаевич в этой статье впервые высказал ряд серьезных ограничений и проблем, возникших при создании интегрально-оптических схем. Как он говорил по этому поводу: «Пора от кавалерийских атак переходить к планомерной осаде. . . » И осада шла по многим направлениям. Интенсивно ведутся технологические и экспериментальные исследования плёночных структур на новой современной напылительной установке AZ-550 (производство ФРГ). Значительные успехи достигнуты в области акусто-оптических взаимодействий, реализован ряд новых интегрально-оптических элементов и устройств.

Коллектив кафедры становится признанным научным коллективом Советского Союза в области интегральной оптики. Лев Николаевич возглавляет секции интегральной оптики практически на всех научных конференциях, проводимых в СССР. Работы кафедры регулярно отмечаются медалями Выставки достижений народного хозяйства СССР. Сотрудников кафедры приглашают для чтения лекций по интегральной оптике для ведущих специалистов оптической промышленности. Выпускники кафедры пользуются большим спросом на предприятиях и научных учреждениях страны. Абсолютное большинство кандидатских диссертаций в этот период защищается по проблемам интегральной оптики. К 1990 году сотрудниками и аспирантами кафедры было защищено 30 кандидатских диссертаций по этой тематике. А в 1985 году доцент кафедры Сотин Валерий Ефимович успешно защитил докторскую диссертацию на тему «Волновые явления в волноводах планарной (интегральной) оптики». В 1998 году доктором физико-математических наук становится доцент Черемискин Игорь Васильевич.

Конечно, интегральная оптика было не единственным научным направлением, в котором работал Лев Николаевич на кафедре. Можно выделить работы в области оптической записи и хранения информации, общей теории анализаторов спектра, спектральных методов передачи изображений и другие.

Значительные научные результаты были получены группой исследователей МАИ, возглавляемой Дерюгиным Л.Н. до его прихода в УДН. Тематика этих исследований включала разработку теории и методов расчёта современных антенн сверхвысоких частот с электрически управляемым лучом. Итоги работ по этой тематике были подведены в книге «Сканирующие антенны сверхвысоких частот», выпущенной издательством «Машиностроение» в 1964 году. А в 1965 году Дерюгину Л.Н. и основным исполнителям этого проекта была присуждена премия Академии наук СССР им. А.С. Попова. Значительно позже 3 ноября 1984 года Постановлением ЦК КПСС и Совета Министров СССР заведующему кафедрой радиофизики УДН профессору Дерюгину Л.Н. присуждена Государственная премия СССР за работу в области радиолокации.

Конец 80-х годов оказался трагичным для научного коллектива кафедры. Весной 1988 года уходит из жизни профессор Сотин В.Е., который, наряду со Львом Николаевичем, формировал и развивал основные научные направления кафедры. Через полгода кафедра теряет Льва Николаевича, а в октябре 1989 года умирает новый заведующий кафедрой доцент Аникин В.И. Затем события начала 90-х годов, резкий спад финансирования научно-исследовательских работ прервали интенсивные исследования на кафедре.

Однако в ведущих научных центрах интенсивные исследования в области интегральной оптики продолжают. Более того, на рынке телекоммуникаций в последнее время появился ряд высокоэффективных устройств интегральной оптики.

В первую очередь это относится к различного типа лазерам на основе полосковых и периодических структур, умножителям частоты для получения когерентного излучения в ультрафиолетовой области для различных систем записи и обработки информации. Особенно значительные успехи достигнуты в области производства и использования интегрально-оптических модуляторов, уплотнителей и разуплотнителей для систем спектрального уплотнения в современных волоконно-оптических линиях связи (ВОЛС). Сегодня ни один проект новой ВОЛС не принимается без использования подобных устройств, позволяющих в десятки раз увеличить скорость передачи информации. Кроме того, идеи и методы интегральной оптики

находят все большее применение в оптике наноструктур и фотонных кристаллов, а также при разработке оптических компьютеров и разнообразных датчиков физических величин.

Исследования по интегральной оптике продолжаются (хотя и не так интенсивно) и на кафедре радиофизики: выполняются и успешно защищаются кандидатские диссертации, студентам дипломникам читается курс «Интегральная оптика». В память о Лье Николаевиче выпускники факультета учредили стипендию имени профессора Дерюгина Л.Н., которая ежегодно вручается лучшим студентам-радиофизикам. Портрет Льва Николаевича помещён в галерею выдающихся профессоров факультета физико-математических и естественных наук РУДН. На встречах со студентами старших курсов преподаватели кафедры рассказывают об истории кафедры радиофизики, о становлении научных исследований, о Лье Николаевиче Дерюгине — создателе кафедры радиофизики и основателе нового научного направления «Интегральная (планарная) оптика».

Надо отметить, что успешная научно-педагогическая деятельность Льва Николаевича была отмечена государственными наградами. Так, в 1971 году Указом Президиума Верховного Совета СССР профессор Дерюгин Л.Н. награждён орденом «Знак Почёта». А в 1981 году — орденом Дружбы народов.

UDC 621.372.8

## Derugin Lev Nikolaevich is Founder of New Scientific Field «Integrated (Planar) Optics»

A. N. Osovitskiy

*Department of Radiophysics  
Peoples' Friendship University of Russia  
6, Miklukho-Maklaya str., 117198, Moscow, Russia*

The important contribution of Professor Deryugin L.N. to integrated optics development is described. Also the basic pioneer achievements of the scientists of the PFU radio physics chair in theory, technology and experiment in this area are listed.

**Key words and phrases:** integrated optics, Deryugin L.N., PFU radio physics chair, planar elements.