

ЗАРОЖДЕНИЕ И РАЗВИТИЕ ОПТИЧЕСКОЙ МНОГОКАНАЛЬНОЙ СВЯЗИ В СССР

В. Н. Кузьмичев, Почетный работник промышленности средств связи СССР

В. И. Маккавеев, д. т. н., профессор

Ю. В. Светиков, к. т. н., доцент

«Кто хочет ограничиться знанием настоящего, не зная прошлого, никогда не поймет настоящего»

Готфрид Вильгельм Лейбниц

Ускорение научно-технического прогресса в области средств передачи информации постоянно идет по пути увеличения пропускной способности (скорости передачи) этих средств и использования все более высокочастотных диапазонов электромагнитного спектра частот: в области радиосвязи — от использования низких частот (длинных волн) к диапазону сверхвысоких частот, ультракоротких волн и далее к оптическому диапазону волн; в области проводных средств связи — от однопроводных телеграфных линий к многоканальным системам передачи на основе металлических симметричных и коаксиальных кабелей, электрических волноводов и далее, на основе искусственных оптических линий передачи и оптических волокон (оптических кабелей).

Примерно до конца 70-х годов прошлого столетия отечественные публикации по тематике оптической связи носили закрытый или полужакрытый характер, и по этой причине доступ к ним был ограничен крайне узким кругом специалистов. История развития этой отрасли техники практически неизвестна. В настоящей работе авторы в сжатой форме пытаются восполнить этот пробел и отдать должное ученым и специалистам, стоявшим у истоков развития оптической многоканальной связи в нашей стране.

Периоды и этапы развития оптической связи. Всю историю развития оптической связи можно подразделить на ряд основных периодов и этапов, отличающихся один от другого основными признаками, указанными в таблице.

Результаты первого и второго периодов и соответствующих этапов развития оптической связи практически не использованы в формировании и развитии третьего, современного, этапа развития работ по оптической связи за исключением самого факта изобретения оптического телефона. Однако слышимость принимаемых сигналов в таких телефонах была настолько плохая, что на практике они не использовались.

Возможность усиления звуковых сигналов электронным усилителем появилась лишь в начале 1900-х гг., но тогда уже начала развиваться радиосвязь и оптическая телефонная связь стала иметь лишь вспомогательное значение. Она применялась, в основном, для специальных целей.

Отметим, что созданные до 1957 г. устройства оптической телефонной связи обеспечивали передачу сигналов только одного телефонного разговора (при модуляции интенсивности оптического излучения аналоговым сигналом) только через атмосферу в пределах прямой видимости и без специальных устройств ретрансляции.

Начало периода оптической многоканальной и световодной связи. Официальное начало этого периода мы относим

к 1957 г., а конкретнее — к 30 декабря 1957 г. (т. е. за три года до создания лазера), когда на заседании секции дальней связи Научно-технического совета НИИ Дальней связи (НИИ ДС)¹ была изложена первая в мире концепция освоения оптического диапазона электромагнитных волн для целей передачи больших объемов информации (для многоканальной

Названия периодов и этапов развития оптической связи	Начало периода	Изобретатели, страна
1. Визуальная (зрительная)сигнализация и телеграфия:	с доисторических времен	
1.1. с применением примитивных средств передачи (хорошо различимые предметы, костры, факелы)		
1.2. с применением простейших технических средств (семафорные устройства, зрительные трубы, фонари, лампы)	с 1684 г.	Роберт Гук (Англия)
1.3. гелиографы	с 1869 г.	Генрих Манс (Англия)
1.4. светосигнальные устройства		
2. Одноканальная оптическая телефонная связь:	с 1878 г.	А.С. Браун (Англия)
2.1. без усиления принимаемых сигналов	с 1880 г.	А.Г. Белл, С.Тейнтер (Америка)
2.2. с усилением принимаемых телефонных сигналов	с 1900-х гг.	
3. Оптическая многоканальная (высокоскоростная) и световодная связь:	с 1957 г.	О.Ф. Косминский, В.Н. Кузьмичев (СССР)
3.1. с использованием источников некогерентного оптического излучения		
3.2. с использованием газоразрядных лазеров	с 1963 г.	В.Н. Кузьмичев, К.П. Егоров, В.И. Маккавеев (СССР)
3.3. с использованием полупроводниковых лазеров и волоконно-оптических световодов	с 1974 г.	НИИДС (Ленинград), ГОИ им. С.И. Вавилова (Ленинград), ЦНИИС, Москва (СССР)

¹ НИИ ДС — тогда НИИ-56 МРТП (Министерство радиотехнической промышленности) СССР.

связи, телевидения, передачи данных). Эта концепция была разработана О.Ф. Косминским и В.Н. Кузьмичевым [1, 2] в ходе инициативной поисковой работы в рамках общей НИР по изысканию новых методов осуществления многоканальной связи, проведение которой было начато в результате присоединения НИИ Дальней связи к работам по электрическим волноводным линиям связи.

Суть концепции заключалась в предложении создавать оптические многоканальные системы передачи информации (ОМСП) на основе специальных широкополосных электронно-оптических преобразователей информационных сигналов (ЭОПС) на передающей стороне и оптико-электронных преобразователей сигналов (ОЭПС) — на приёмной, а главное (и принципиально новое) заключалось в предложении использовать специальные искусственные линии передачи в виде лучеводов и световодов, в том числе гибких, т. е. волоконно-оптических. За рубежом первая публикация о возможности использования оптических волокон (ОВ) в качестве передающей среды в системах передачи появилась в 1966 г. [3].

Предложенная концепция была воспринята с недоверием и скептицизмом, а некоторые из авторитетных (в области проводной связи) членов совета объявили её "фантазией и бредом". Они требовали начать работы прекратить, поскольку создать ОМСП, по их мнению, было невозможно. Одним из главных доводов противников служило утверждение, что «если бы это можно было сделать, то американцы давно бы сделали».

Тем не менее Научно-технический совет НИИ ДС рекомендовал продолжить исследования по ОМСП в рамках уже самостоятельной работы при минимальных затратах. Они продолжались до 1960 г. в обстановке недоверия к их перспективности. Отчёты по научно-исследовательским работам "Соловей" (1957 г.) и "Свет" за 1958 [4], 1959, 1960, 1961 и 1962 гг. хранятся в Центральном музее связи им А.С. Попова в Санкт-Петербурге.

Таким образом, в 1957 г., в дополнение к известным способам передачи информационных сигналов по металлическим проводникам (1832 г. — П.Л. Шиллинг) и по радио (1895 г. — А.С. Попов), в нашей стране был предложен, впервые в мире, новый способ передачи — по длинным искусственным оптическим линиям в виде лучеводов и световодов (в том числе по оптическому волокну) — поэлементно-последовательных информационных оптических сигналов, в отличие от известного на то время способа передачи изображения по жгуту световодов.

Научно-исследовательские работы по реализации отечественной концепции использования оптического диапазона волн. Этапы работ по оптической многоканальной связи (ОМС) условно можно разделить на два периода. Первый период можно назвать «долазерным» [5]; второй — «лазерный» период — начался с 60-х гг. XX в. после изобретения лазеров — источников когерентного оптического излучения.

В первом, «долазерном», периоде исследованы возможности применения в оптическом диапазоне волн (ОДВ) известных принципов построения ОМСП. Во втором периоде были начаты поиски новых методов передачи информации, основанных на использовании источников когерентного оптического излучения.

В результате анализа характеристик существующих и перспективных разрабатываемых источников излучения, методов и устройств модуляции и демодуляции, условий распространения ОДВ в атмосфере и в линиях передачи была установлена наиболее перспективная для организации связи спектральная область — в диапазоне от 0,4 до 11 мкм.

Было показано, что участки спектров для конкретных систем связи следует определять с учетом соответствующих характеристик основных элементов линейного тракта и оконечной аппаратуры.

Задача обеспечения надежной, независимой от метеорологических ОМС на дальние расстояния потребовала применения линий передачи ОДВ с малым и стабильным затуханием.

В [5] дана следующая классификация линий передачи ОДВ:

1 — световоды — линии передачи, в которых взаимодействие электромагнитной ОВ с направляющими ее границами происходит непрерывно;

2 — оптические лучевые волноводы (ОЛВ) — линии передачи, в которых направляющие воздействия на ОВ осуществляются фазовыми корректорами, расположенными дискретно, как правило, равномерно, вдоль линии.

В качестве световодов в НИИ ДС рассматривались два варианта линий: а) прямой герметичный трубопровод с отражающими внутренними стенками и б) диэлектрическое ОВ (волоконный световод — ВОС). Идея создания таких линий передачи возникла в результате анализа соответствующих этим типам линий гибких световодов, применяемых в медицине.

В отчёте по НИР за 1957 г. [1] указывалось: «Если такая система² будет осуществлена, то по стабильности и помехозащищённости она не должна уступить кабельным системам».

К теоретическим исследованиям световодов в 1958 г. в НИИ ДС были привлечены также А.М. Ермолаев, Д.М. Крупп — сотрудники Государственного оптического института (ГОИ им. С.И. Вавилова). Статья [6] о результатах работ 1958 — 1959 гг. по изучению прохождения оптических импульсов по полному металлическому световоду с отражающими внутренними стенками [2] стала первой открытой публикацией по световодной связи. Позднее исследования в этом направлении проводились в Институте радиотехники и электроники (ИРЭ) АН СССР.

Оптические лучевые волноводы (ОЛВ) с использованием когерентного оптического излучения были признаны более перспективным типом линий передачи для дальней связи. ОЛВ представлял собой трубопровод, изолирующий световой поток внутри него от влияния гидрометеорологических атмосферных, с регулярно установленными в нем фазовыми корректорами — линзами, зеркалами, газовыми линзами. В этой последовательности корректоров происходило формирование и распространение определенного типа волн с малыми дифракционными потерями.

Предложение о практическом использовании ОЛВ применительно к когерентному оптическому излучению в целях ОМС было сделано в 1963 г. К.П. Егоровым, В.И. Маккаевым и В.Н. Кузьмичевым [7]. На основании этого предложения развернулись работы в ИРЭ АН СССР и в Центральном НИИ связи (ЦНИИС). Были созданы и испытаны опытные линии с ОЛВ длиной до нескольких километров на полигонах ИРЭ и ЦНИИС [8]. Стабильность положения оптического луча в таких линиях обеспечивалась с помощью устройств автоматической подстройки. Были получены малые километические потери сигналов, однако сложность и соответственно высокая стоимость ОЛВ стали причинами прекращения дальнейшего развития работ в этом направлении.

Работы по созданию отечественной оптической многоканальной связи начинались с рассмотрения возможных принципов построения ОМСП, оценки возможности и це-

² Имеется в виду ОМСП с искусственными оптическими линиями передачи, в том числе гибкими, т. е. — волоконно-оптическими.

лесообразности применения известных принципов разработки и создания многоканальных систем передачи с учетом особенностей характеристик оптического излучения и основных элементов оптического тракта. В процессе построения систем большой многоканальности исследовалось одновременное применение электрического (образование многоканального модулирующего сигнала известными электрическими способами) и оптического (спектральное разделение каналов на ОВ) способов. Были исследованы также возможности реализации систем со спектральным разделением каналов, с учетом особенностей существующих оптических фильтров, имеющих значительно большие полосы пропускания по сравнению с полосой частот информационных сигналов.

Были рассмотрены вопросы реализации различных методов модуляции оптического излучения. При этом учитывались возможности как внутренней (по источнику питания), так и внешней модуляции — на основе электрооптического эффекта в жидкостях (эффект Керра) и кристаллах (эффект Погкельса), а также магнитооптического эффекта (эффект Фарадея) и акустооптических методов модуляции света (эффект дифракции на ультразвуковых волнах в жидкости). Были установлены ограничения, присущие каждому из методов модуляции: сравнительная узкополосность внутренней модуляции газоразрядных источников оптического излучения и акустооптических модуляторов, необходимость создания высоких уровней напряженности поля для внешней модуляции при использовании исследованных в то время электрооптических веществ [1, 4, 5].

В 1959 г. в целях получения большей широкополосности оптических каналов связи был предложен способ сверхвысокочастотной модуляции света, основанный на применении техники и приборов СВЧ [9]. В том же году были предложены основные типы СВЧ-модуляторов света: резонаторные, бегущей волны с использованием перечисленных выше эффектов [10—12]. Эти решения были защищены четырьмя пионерскими авторскими свидетельствами на изобретение (О.Ф. Косминский, В.Н. Кузьмичев, В.И. Дроздов).

Несколько позже, в 1962 г., с использованием линейного электрооптического эффекта в кристалле дигидрофосфата аммония и резонаторного СВЧ-модулятора было получено экспериментальное подтверждение возможности СВЧ-модуляции света. К 1962 г. были реализованы также на основе электрооптических кристаллов видеоимпульсные модуляторы света, позволяющие получить импульсы оптического излучения длительностью, измеряемой долями микросекунд.

Известные способы внутренней модуляции газоразрядных источников света (по питанию) обеспечивали рабочую полосу частот около 20 кГц. Применение различных схем коррекции позволило расширить полосу в десятки раз (при некотором снижении глубины модуляции). Эти результаты использованы при создании первых экспериментальных устройств ОСП, а позже — при создании устройства записи бистродействующего фототелеграфа.

В основу построения приемных устройств экспериментальных ОСП был положен метод прямого фотодетектирования сигналов. Фотодетекторов, разработанных специально для целей оптической связи, не было. Существовали фотоэлектронные умножители, разработанные ранее для измерения слабых световых потоков, регистрации сцинтилляций в ядерной физике и др. Поэтому были проведены исследования таких приборов для применения в оптической многоканальной связи, а также определены технические требования к специальным разработкам фотодетекторов для систем

многоканальной связи. Некоторые результаты этих работ были позже опубликованы [13].

Необходимые исследования были выполнены и для других элементов и узлов оптического тракта ОМСП. Исследовались приемные и передающие оптические антенны, оптические спектральные фильтры, устройства пространственной фильтрации и др.

Исследования основных элементов и узлов позволили осуществить разработку и испытание макетов ОМСП. Первоначальные эксперименты по ОМС проводились с использованием модуляции интенсивности луча аналоговым сигналом и частотного разделения (на поднесущих частотах) электрических сигналов.

В 1959 г. в лабораторных условиях с применением аппаратуры уплотнения коаксиального кабеля была проведена с удовлетворительным качеством передача по световому лучу сигналов многоканальной телефонии (речи, музыки) в спектре частот 312—1300 кГц, что соответствовало передаче более 200 телефонных разговоров (О.Ф. Косминский, В.Н. Кузьмичев, Л.Г. Казарновская, В.А. Алексеев, А.Е. Манушкин и др.).

Исследование амплитудных характеристик оптического тракта показало, что их линейности недостаточно для передачи аналоговых сигналов с большим числом ретрансляций из-за недостаточной линейности амплитудных характеристик модуляторов и детекторов света.

В 1959 г. была впервые осуществлена трех-четырёхкратная ретрансляция аналоговых оптических телефонных сигналов. При этом качество сигналов снижалось до предельно допустимого, что позволило сделать вывод о том, что в основу ОМСП должны быть положены преимущественно импульсные методы модуляции оптического излучения.

В 1961—1962 гг. указанный вывод был подтвержден и для других ОМСП результатами экспериментов по передаче аналоговых телефонных сигналов по световому лучу, проходящему через атмосферу зимой в условиях города на расстоянии до 3 км (с использованием более мощного источника некогерентного оптического излучения ДРШ-100³, внешнего модулятора и светолокационного дальномера [14]). Однако наличие турбулентности атмосферы существенно ухудшало качество передачи.

Первая экспериментальная импульсная ОМСП⁴ с некогерентным источником излучения была реализована и испытана в натуральных условиях весной 1962 г. (В. Н. Кузьмичев, А.Е. Манушкин, В.А. Алексеев).

Второй — "лазерный" этап развития отечественной оптической многоканальной связи. Предложения В. Н. Кузьмичева о необходимости открытия в стране комплексных работ по созданию ОМСП на основе источников когерентного излучения — лазеров, изложенные в письме предприятия п/я М-5619 (НПО «Дальняя связь») от 19. 08. 1961 г., вместе с перечнем основных результатов работ "долазерного" периода, переданные в АН СССР, ГКНТ (Государственный комитет по науке и технике), ГКРЭ (Государственный комитет по радиоэлектронике), были сразу поддержаны Президентом АН СССР М.В. Келдышем, и 6. 10. 1962 г. было принято соответствующее Постановление ЦК КПСС и Совета Министров СССР. НПО "Дальняя связь" было определено головным предприятием в области работ по созданию городских,

³ ДРШ — дуговой ртутный шарообразный.

⁴ 12 каналов с фазово-импульсной модуляцией (ФИМ) интенсивности некогерентного оптического излучения источника малой мощности.

зоновых и магистральных ОМСП, а руководителями этих работ стали К. П. Егоров (к. т. н., впоследствии д. т. н., один из первых лауреатов Сталинской премии 1943 г.) и В. И. Маккавеев (д. т. н. — с 1984, профессор — с 1986 г.), первый начальник первой в стране лаборатории оптической многоканальной связи.

Первая в стране передача аналоговых телевизионных сигналов с использованием излучения неон-гелиевого лазера, разработанного и изготовленного в ГОИ им. С. И. Вавилова, на расстоянии до 3 км была проведена в 1963 г. в Ленинграде (И. М. Белоусова, О. Б. Данилов и др.).

В ноябре 1964 г. впервые в мире с помощью когерентного источника излучения была осуществлена импульсная многоканальная связь на расстояние около 10 км (К. П. Егоров, В. И. Маккавеев, В. Н. Кузьмичев, А. Т. Васильев, И. Б. Демидов, О. И. Майкапар). При этом использовались газовые лазеры, изготовленные в НИИ газоразрядных приборов (г. Рязань), и стандартное оборудование 12-канальной системы связи с фазо-импульсной модуляцией (ФИМ). В 1965 г. была опробована 24-канальная система с ФИМ с использованием в оптическом тракте передачи полупроводниковых лазеров, работавших при температуре жидкого азота (К. П. Егоров, В. И. Маккавеев, О. И. Горбунов, Ю. Ф. Федоров, В. Н. Кузьмичев, А. Т. Васильев).

В 1964 г. работы по лазерной многоканальной связи получили новый импульс благодаря их развертыванию в Москве (ЦНИИС) под руководством А. Т. Мурадяна при участии Е. А. Заркевича, В. П. Филимонова, Г. П. Довлатбекова, Г. П. Желтова и др. В 1965 г. эта группа создала 12-канальную оптическую линию связи между АТС в Москве. На линии использовались макеты 12-канальной системы передачи с импульсно-кодовой модуляцией (ИКМ).

В 1966 г. этими же специалистами впервые в стране, в Москве (между АТС), была реализована экспериментальная лазерная линия связи емкостью 240 каналов, сформированных методами ИКМ.

Развитие работ по созданию оптических систем передачи осложнялось отсутствием теоретического аппарата, позволявшего проводить анализ рабочих характеристик указанных систем и их проектирование. Для этих целей В. И. Маккавеевым впервые было предложено [15, 16] использовать теорию точечных случайных процессов. С применением этого аппарата выполнены сравнительные оценки эффективности различных видов модуляции с учетом специфических характеристик сигналов и помех в квантовых каналах связи. Показано, что в таких каналах наиболее целесообразно использовать цифровые (ИКМ) и аналогово-импульсные методы (ФИМ, ЧИМ, ВИМ).

Следует отметить также в числе первых экспериментов опыты применения инжекционных лазеров в системах со спектральным [17] и временным [18] разделением каналов.

Результаты начального этапа работ по ОМС получили дальнейшее развитие как в многоканальной проводной связи, в частности, на основе волоконных световодов, так и в радиосвязи.

Подводя итог ретроспективному обзору, ещё раз следует отметить, что идея использования волоконных световодов в ОМС была впервые высказана отечественными специалистами в 1957 г., а первые попытки передачи сигналов по ОВ сделаны в 1958 г.

После проведения цикла научных и экспериментальных работ по оценке возможности построения ОМС с использованием лазеров и различных видов оптического тракта передачи работы в НИИ ДС были сосредоточены на одном

направлении — цифровые системы с оптическим трактом передачи с использованием волоконно-оптического кабеля. На основе теоретического аппарата В. И. Маккавеева впоследствии были разработаны математические средства для проектирования таких систем.

Развитие плановых исследований и работ по созданию волоконно-оптических систем передачи. Работы по созданию ОМС с использованием полупроводниковых лазеров (ПЛ) и волоконно-оптических световодов (ВОС) возобновились в НИИ ДС в начале 1970-х гг. после получения в стране первых промышленных образцов ПЛ на основе двойной гетероструктуры арсенида галлия с непрерывной генерацией при комнатной температуре. За их разработку сотрудники Ленинградского физико-технического института имени А. Ф. Иоффе (Ж. И. Алферов, В. М. Андреев, Д. З. Горбунов, В. И. Корольков, Д. Н. Третьяков) и московского НИИ «Полус» (В. И. Швейкин) в 1972 г. были удостоены Ленинской премии. Руководитель работ академик Ж. И. Алферов именно за эту работу в 2000 г. получил Нобелевскую премию.

Первые действующие образцы ВОСП на один и 32 телефонных канала (2,048 Мбит/с) с указанными типами ПЛ (0,85 мкм) и волоконно-оптическими световодами, изготовленными в лаборатории Д. К. Саттарова в ГОИ им. С. И. Вавилова, НИИ ДС продемонстрировал на выставке «Волоконная оптика-74», которая была открыта в Москве в Доме оптики Миноборонпрома СССР. Образцы вызвали всеобщий интерес руководителей и ведущих специалистов ряда отраслей как реальное новое перспективное направление в технике связи и передачи информации.

На Международной выставке «Связь-75» в Москве (Сокольники), организованной Минпромсвязи СССР, НИИ ДС экспонировал уже несколько образцов ОМС:

- ВОСП на 120 цифровых телефонных каналов (8,448 Мбит/с). Участники проекта — В. К. Кабанов, О. И. Горбунов, В. Т. Хрыкин, Ю. С. Воробьев, Ю. К. Рудов, О. А. Тафеев, Ю. В. Светиков, Ю. Ф. Федоров. (Эта аппаратура стала прототипом оборудования, разработанного к 1985 г. в НИИ ДС (СКБ "Свет") по теме "СОНАТА" и освоенного в серийном производстве на пермском заводе АДС в 1986 г.);

- ВОСП на один телевизионный канал (114 Мбит/с). Участники проекта — та же группа специалистов, а также Ю. Г. Лопушная и В. М. Соловьёв;

- ОМС с неонов-гелиевым лазером с временным разделением каналов — на четыре телевизионных канала (4 x 114 Мбит/с), предназначенных для испытания ОЛВ на полигоне ИРЭАН СССР во Фрязино [20]. Участники проекта — Е. В. Принцев, И. Б. Демидов, А. Т. Васильев, В. Л. Крупин, В. Н. Кузьмичев, О. И. Майкапар, Г. М. Силантьев;

- ОМС с неонов-гелиевым лазером на СВЧ-поднесущих с частотным разделением каналов — на три телевизионных канала. Участники проекта — В. Н. Удовиченко, С. С. Сохранский, Ю. И. Калганов, А. И. Сербин.

Заметим, для сравнения, что к наиболее продвинутым в техническом плане зарубежным экспонатам на выставке можно отнести аналого-импульсную ВОСП, представленную Японией.

На симпозиуме, которым завершилась выставка, работы по ВОСП советских специалистов получили высокую оценку. Они были названы лидерами в этой новой области техники связи.

На первой общеевропейской конференции по волоконно-оптической связи в 1976 г. лидерами в этой области были названы СССР и Япония.

Одним из результатов выставки было создание в 1977 г. в НПО ДС, на базе отдела оптических систем связи, специального конструкторского бюро "Свет" (руководитель — О. И. Горбунов, к. т. н.) с приданием ему функции головной структуры в стране по созданию оборудования ВОСП для национальной сети связи страны. СКБ «Свет» просуществовало до конца 80-х годов.

После выставки стали разрабатываться и выполняться трехлетние государственные программы по созданию компонентной базы, специализированного контрольно-измерительного оборудования, специальной технологии и производственной базы для выпуска аппаратуры цифровых ВОСП для сети связи страны.

Работы по созданию аппаратуры ЦСП с импульсно-кодовой модуляцией с использованием оптического кабеля для национальной сети связи страны начали проводиться в НПО "Дальняя связь" с середины 1970-х годов. В них был использован опыт предыдущих разработок в научном (В. Л. Крупина, Е. В. Принцев, А. В. Яковлев, Ю. В. Светиков и др.) и техническом аспектах. Работы проводились вплоть до прекращения существования этой организации в первоначальном виде в 1993 г.

Было разработано оборудование линейных трактов систем передачи на скорости 8, 34 и 140 Мбит/с, велись разработки ЦСП SDH-иерархии на скорости передачи до 560 Мбит/с, оборудования для передачи телевизионных сигналов по ОВ. К основным участникам этих работ, кроме выше упомянутых специалистов, относятся И. А. Лукин, А. Д. Рузаев, В. Д. Лиференко, М. А. Плоткин, Ю. А. Зингеренко и др. К работам привлекался широкий круг научно-производственных и академических организаций всей страны. В результате отечественный уровень развития техники оптической связи в ту пору соответствовал мировому.

В 1991г. в НПО ДС была осуществлена разработка оконечного оборудования ОСП со спектральным мультиплексированием четырех оптических потоков со скоростью передачи 2, 5 Гбит/с в каждом потоке (инициатор и руководитель работы — Ю. В. Светиков, творческие участники — В. И. Репин, Ю. Ф. Патин, Э. Ф. Мацкунас, А. Л. Дмитриев).

В выполнении работы принимали участие 27 производственных, исследовательских и академических организаций нашей страны, обеспечивших создание необходимой электронной, опто-электронной и оптической компонентной базы: были разработаны высокоскоростные транзисторы и логические микросхемы, фотодетекторы и фотоприемники, линейка быстрдействующих полупроводниковых лазеров, волоконный усилитель (В. П. Гапонцев), волоконные ответвители и др.

Работающая стандартная стойка с этим оборудованием была показана на международной выставке Telecom-91 в Женеве, где ничего подобного представлено не было. На этой же выставке демонстрировалась еще одна разработка НПО ДС — волоконно-оптическая соединительная линия для передачи двух телевизионных сигналов со скоростью 334 Мбит/с (В. М. Соловьев, С. С. Коган). Аналогов этому оборудованию на всемирной выставке также не было.

После выставки в Женеве оборудование ВОСП на 10 Гбит/с со спектральным уплотнением четырех оптических несущих было показано в ноябре этого же года в Хельсинки.

В качестве свидетельства успешных работ по созданию оборудования волоконно-оптических систем передачи в НПО "Дальняя связь" может служить публикация 11 статей сотрудников предприятия по этой тематике в 1992 г. в журнале "Электросвязь" (№5).

В одной из этих работ обосновывалась перспективность нового направления развития техники ВОСП — использование оптических методов обработки сигналов в оборудовании оптических систем передачи (В.И. Маккавеев, Ю.В. Светиков "Оптические методы обработки информации — основа волоконно-оптических систем будущего").

В конце 1991 г. финансирование работы было приостановлено (отчет по работе не был завершен, статьи, отражающие многие на то время достижения, опубликованы не были), и вместе с прекращением работы единственного в стране предприятия, обеспечивавшего разработку и поставку оборудования для национальной сети связи — НПО "Дальняя связь", был положен конец планомерному и успешному развитию отечественной оптической дальней связи.

После прекращения существования НПО "Дальняя связь" специалистами этого предприятия в 1993 г. были созданы ОАО "Супертел" (И.А. Лукин, А.Д. Рузаев, Е.А. Ганецкий и др.) и НПП "НОВЕЛ - ИЛ" (Ю.П. Иванов, Л.С. Левин, А.Б. Тихонович). Обе эти компании поставляют своим заказчикам разнообразную аппаратуру для цифровых сетей связи, в которых в качестве среды передачи используются оптические кабели.

Заклучение. Впервые оценку огромных потенциальных возможностей оптического диапазона длин волн для передачи информации, на несколько порядков превышающих возможности радиодиапазона, и разработку системной концепции использования ОДВ для построения ОМСП с искусственными оптическими линиями передачи, в том числе и на основе волоконно-оптических световодов, осуществили к 1957 г. сотрудники НИИ Дальней связи О.Ф. Косминский и В.Н. Кузьмичев.

Основные технические решения по созданию ОМСП и первые опыты передачи сигналов, в том числе и по искусственным линиям передачи (включая ОВ) многих телефонных разговоров по световому лучу, были впервые осуществлены в нашей стране, что подтверждается, в частности, сопоставлением отечественных работ по этому направлению техники связи с зарубежными.

Процесс развития работ по созданию теории и аппаратуры многоканальной оптической связи для национальной сети носил драматический для ее инициаторов характер; он проходил в атмосфере непонимания абсолютно новых принципов, необходимости использования не традиционной для господствующей тогда техники проводной связи компонентной базы, "экзотической" измерительной аппаратуры и т. п.

Тем не менее, благодаря труду участников этого процесса, в определенный период времени отечественная техника многоканальной связи по оптическому кабелю соответствовала мировому уровню, а факты, изложенные в статье, подтверждают фактический приоритет отечественных инженеров (О.Ф. Косминский, В.Н. Кузьмичев) в области оптической многоканальной связи по отношению к зарубежным.

Родившаяся впервые в мире в 1957г. в ленинградском НИИ Дальней связи концепция использования оптического диапазона длин волн для создания многоканальных систем дальней связи фактически стала началом создания современных цифровых систем передачи по оптическому кабелю в нашей стране.

Разработанные в НПО ДС ВОСП для ГТС были освоены в серийном производстве пермским заводом АДС. К 1990 г. на городских телефонных сетях было внедрено 975 станций ВОСП и свыше 500 комплектов СТО на объектах разных ведомств.

Следующим этапом развития техники ВОСП стала разработка высокоскоростных зоновых и магистральных систем передачи, работавших в диапазонах 1, 3 и 1, 5 мкм со скоростями 34, 140, 565 Мбит/с. Разработанная аппаратура соответствовала рекомендациям МККТТ и лучшим мировым образцам.

Специфика экономического развития нашей страны, прекращение планомерного развития промышленности не могли не отразиться и на отрасли связи, где отечественные специалисты в области создания перспективных систем, безусловно, занимали пионерские позиции. Пройдя пик своего развития, промышленность средств связи прекратила свое существование, и вместе с этим безвозвратно уходит в прошлое опыт сотен и тысяч инженеров и ученых, отдавших лучшие годы своей творческой жизни труду на благо страны.

ЛИТЕРАТУРА

1. Изыскание новых методов осуществления многоканальных связей: В «Исследование возможности создания многоканальной системы связи на основе использования для передачи сигналов световых или других близлежащих колебаний» Технический отчет. Лаборатория 26. шифр: НИР: «Соловей», тема № 21/2. (Ведущий инженер В.Н. Кузьмичев), Л., 1957. - 198 с. - СССР, МРТП, НИИ-56.
2. **Косминский О.Ф., Кузьмичев В.Н.** Многоканальная связь по световому лучу. Тезисы докладов XXII областной научно-технической конференции, посвященной 50-летию Великого Октября и Дню радио (15–20 мая 1967 г.), Ленинград, 1967.
3. **Као С.С., Хокхам Ж.А.** Dielectric Surface Waveguides for Optical Frequency // Proceedings of IEEE, 1966. - V 33. - №7. - P. 1151–1158.
4. Предварительное исследование принципов осуществления многоканальной телефонной передачи с помощью светового луча. Технический отчет. Лаборатория 26. Шифр: НИР: «Свет». (Ведущий инженер В. Н. Кузьмичев), Л., 1958. - 199 с.

5. **Кузьмичев В.Н., Маккаев В.И.** О первых работах по оптической многоканальной связи // Электросвязь, 1989. — №2. — С. 28-33.
6. **Крупн Д.М.** О возможности канализации света // Оптико-механическая промышленность, 1961. — № 1.
7. А. С. № 274413 (СССР). Оптический лучевой волновод. / Егоров К.П., Маккаев В.И., Кузьмичев В.Н.
8. **Вардя В.П., Дубров М.Н., Коршунов И.П., Матвеев Р.Ф.** Подземные лучеводные линии с периодической коррекцией светового пучка // Радиотехника и электроника, 1978. — Т. XXIII. - № 100.
9. А. с. № 218318 (СССР). Способ модуляции светового потока / Косминский О.Ф., Кузьмичев В.Н., Дроздов В.И.
10. А. с. № 200669 (СССР). Модулятор света / Косминский О.Ф., Кузьмичев В.Н., Дроздов В.И.
11. А. с. № 218317 (СССР). Модулятор света / Косминский О.Ф., Кузьмичев В.Н., Дроздов В.И.
12. А. с. № 283443 (СССР). Модулятор света / Косминский О.Ф., Кузьмичев В.Н., Дроздов В.И.
13. **Маккаев В.И., Егоров К.П., Васильев А.Т., Воробьев Ю.С.** Экспериментальное исследование вероятности пропуска импульса при передаче двоичной информации в оптическом диапазоне волн // Радиотехника, 1969. — № 2.
14. **Попов Ю.В., Априанова И.И., Тельгеский И.А.** Фазовый светлокационный дальномер // Оптико-механическая промышленность, 1959. — № 1.
15. **Маккаев В.И.** Помехоустойчивость фотонных каналов связи с импульсной модуляцией // Вопросы радиоэлектроники, серия XI, ТПС, 1966. - Вып. 3.
16. **Makaveyev V.I.** Relations entre signaux et bruits dans les voies photoniques de communication optique a modulation d'impulsions // Londe Electrique, 1967. - C XLVII. - P. 480-481.
17. **Eliseev P.I., Ismailov I., Fedorov Ju.F.** Injection lasers for multichannel optical communication systems // Quant. Electronics, 1970. -V. QE-6. - № 1.
18. **Козьяев И. П., Никитин В. В., Самойлов В. Д., Федоров Ю. Ф.** Использование логических элементов на инжекционных лазерах в системах оптической связи с временным уплотнением // Радиотехника и электроника, 1970. — Т. 15. — № 4.