



# Достижения в области голографии на территории бывшего Советского Союза

Л. В. Танин, [leonidtanin@gmail.com](mailto:leonidtanin@gmail.com);

В. А. Танин, ЗАО «ГОЛОГРАФИЧЕСКАЯ ИНДУСТРИЯ», Минск, Республика Беларусь

В статье кратко изложена история вопроса создания, развития и широкого внедрения самостоятельного направления голографии – художественной голографии. Показано, что для успешного развития художественной голографии потребовалось решить четыре основополагающих проблемы, а именно: разработать теорию голографического метода, адаптированного к получению крупноформатных голограмм; организовать промышленное освоение нового класса высокоразрешающих регистрирующих сред для записи интерференционных полей с высокой пространственной частотой; разработать технические средства и аппаратуру для регистрации голограмм; создать и внедрить в промышленное производство технологию серийного выпуска голограмм.

**Ключевые слова:** голография, копии произведений искусства и памятников культуры, защитные печатные элементы, маркировка продукции

Статья поступила: 09.09.2019. Принята к публикации: 10.10.2019.

## Holography Achievements on the Territory of the Former Soviet Union

L. V. Tanin, [leonidtanin@gmail.com](mailto:leonidtanin@gmail.com);

V. A. Tanin, HOLOGRAPHIC INDUSTRY CJSC, Minsk, Republic of Belarus

The article briefly describes the history of the creation, development and widespread introduction of an independent direction of holography – artistic holography. It is shown that for the successful development of artistic holography it was necessary to solve four fundamental problems, namely: to develop a theory of the holographic method adapted to produce large-format holograms; organize the industrial development of a new class of high-resolution recording media for recording interference fields with a high spatial frequency; to develop technical means and apparatus for registering holograms; create and introduce into industrial production technology for the serial production of holograms.

**Keywords:** holography, copies of works of art and cultural monuments, protective printed elements, product labeling

Received: 09.09.2019. Accepted: 10.10.2019.

**В** 60-е годы была показана лишь возможность использования голографического метода для получения копий произведений искусства и памятников культуры. Тогда же получила

очертания перспектива применения этого метода, и первые результаты прошли апробацию в ряде лабораторий страны. Пришло время, и встал вопрос о создании, развитии и широком внедре-

нии нового самостоятельного направления – художественной голографии. Но для успешного развития этого направления техники требовалось решить четыре основополагающие проблемы:

- разработать теорию голографического метода, адаптированного к получению крупноформатных голограмм;
- создать и промышленно освоить новый класс высокоразрешающих регистрирующих сред для записи интерференционных полей с высокой пространственной частотой;
- разработать технические средства и аппаратуру для регистрации голограмм;
- разработать и освоить технологию серийного выпуска голограмм в условиях производства.

В период 1967–1987 годов шли интенсивные фундаментальные и прикладные исследования. В результате высокого уровня достигли разработки в самых разных областях: в создании фоточувствительных сред, в лазерной технике, в приборостроении и современных технологиях проведения сложных экспериментов. Именно поэтому советские экспозиции голограмм стали предметом живого интереса огромного числа специалистов за рубежом, т. к. демонстрировали степень развития советской науки и техники, в частности художественной голографии, и доказывали ее приоритет в мире.

Основы голографического метода были заложены академиком РАН Ю. Н. Денисюком в первых его работах. Он показал, что запись волнового поля в трехмерной светочувствительной среде пригодна для создания объемных картин, воспроизводящих полную иллюзию действительности изображаемого объекта. Эта возможность была подтверждена экспериментами, выполненными с помощью усовершенствованных липпмановских эмульсий.

Метод записи голограмм во встречных пучках значительно расширил возможности художественной голографии.

Весьма удобным в практическом отношении при демонстрации голографических изображений оказалась возможность восстановления их обычным источником света, например лампой накаливания. Значительные изменения по сравнению с начальными работами претерпела техника и технология проведения голографического эксперимента. Голографическая установка – это сложный и точный интерферометр, а каждый голографический эксперимент – попытка регистрации структуры волнового поля, описываемой высокими пространственными частотами (период до 0,1 мкм) с помощью «малочувствительного фотодетектора».



Для успешного решения этой задачи были разработаны методы стабилизации голографических установок, методы контроля ее стабильности, выяснены условия, влияющие на успех голографического эксперимента, изучены свойства когерентного излучения лазеров, повышена чувствительность фоторегистрирующих сред. Это привело к тому, что если в начале работы (1967 год) размер голограммы не превышал нескольких десятков квадратных сантиметров и успех голографического эксперимента был практически предсказуем, то сегодня уверенно регистрируются художественные голограммы размером более одного квадратного метра и освоен промышленный выпуск голограмм размером 18×24 и 30×40 см.

Значительно расширились и методы регистрации голограмм: появились методы копирования, использующие голограммы, полученные в двумерных и трехмерных средах; методы выноса изображения в предголограммную область; методы формирования комбинированных, взаимно дополняющих друг друга, объемных и плоских изображений. Было предложено использовать поляризационно-чувствительные среды для записи художественных голограмм, разработаны методы цветной голографии и методы импульсной голографии для регистрации художественных голограмм.

При регистрации трехмерных голограмм на первой стадии работы использовались липпмановские фотоэмульсии, обладающие необходимой для голографии разрешающей способностью, но совершенно непригодные для промышленного освоения. Голография вызвала потребность в производстве высокоразрешающих фотоматериалов. Были выполнены большие объемы работ по созданию технологичных методов производства голографических материалов и их сенсibilизации к различным областям спектра. Их результаты при-



вели к созданию принципиально нового класса галогенидосеребряных светочувствительных материалов, обладающих разрешающей способностью 6 000–10 000 лин/мм, большой прозрачностью и светочувствительностью, достигающей нескольких единиц [Дж/м<sup>2</sup>].

Работы по созданию фотослоев велись двумя независимыми группами, которые шли к цели различными путями: один был выбран Н. И. Кирилловым, другой – И. Р. Протас. В результате были созданы промышленные материалы ЛОИ-2, которые начал выпускать МЗТФ в 1974 году, и ПЭ-2, выпускаемые ПО «Славич» (Переславль-Залесский) с 1978 года.

Изобразительные способности голографии позволили использовать ее для демонстрации уникальных музейных объектов. Необычность голографического изображения, глубокая иллюзия присутствия наблюдаемого объекта приводят к тому, что на голографических экспозициях не возникает вопроса о том, что представлено – копия уникального изделия или его некое изображение. Наблюдатель видит объект, оглядывает его со всех сторон, наблюдает игру света и тени, может заставить смещаться тени от объекта при изменении положения источника света и т. п. – все это приводит к тому, что голографическая копия уникального объекта воспринимается как сам объект. Столь сильный эффект был достигнут благодаря использованию всех потенциальных возможностей голографии, которые раскрываются при детальном исследовании ее различных методов.

При записи голограммы в принципе может быть использован любой источник когерентного излучения. В реальных условиях при записи голограмм освещение объекта и опорная (референтная) волна создаются одним и тем же лазером, т. к.

только в этом случае образуется стоячая картина черно-белых полос при взаимодействии светового поля, отраженного объектом, и светового поля опорной волны. Если же взять обычный белый свет, который, как известно, состоит из смешения очень многих цветов, то каждый цвет создавал бы свою интерференционную картину. Перенакладываясь, эти картины стирали бы друг друга, что привело бы к исчезновению результирующей интерференционной картины.

Фактически метод голографии до 1963 года был мало известен, когда с появлением первых лазеров удалось получить первые лазерные голограммы естественных объектов.

В принципе существует много разных методов записи голограммы, но все отличия между ними сводятся в основном к различному взаимному расположению источника опорной волны, фотопластины и объекта во время записи. Это приводит к тому, что в эмульсионном слое образуются интерференционные картины из черно-белых полос различной сложности и конфигурации, и при восстановлении изображения голограммой требования, предъявляемые к восстанавливающему источнику света, могут быть различными. Так, при восстановлении изображения с голограмм, записанных и по схеме Д. Габора, и по схеме, предложенной Э. Лейтом и Ю. Упатником (так называемая двумерная схема записи), необходим так же, как и при записи, когерентный источник излучения – лазер. В схеме, предложенной Ю. Н. Денисюком, записываемая в эмульсионном слое интерференционная картина при регистрации голограммы имеет очень сложную пространственно-объемную структуру. (Этот способ получил название – голография с записью в трехмерной среде). Благодаря этому на стадии восстановления она менее придирчива к качеству светового пучка, и воспроизведение изображения объекта с такой голограммы не обязательно осуществлять специальным источником света – лазером, как при ее записи. Можно использовать обычный источник белого света – солнце, лампу и пр. Голограмма сама выберет из излучения белого источника и отразит в световое поле объекта только ту часть спектра, которая участвовала при ее записи, т. е., кроме всего прочего, трехмерная голограмма воспроизводит также и цвет.

К тому же следует вспомнить, что коллективом авторов Государственного оптического института им. С. И. Вавилова, Института физики АН БССР и АН УССР, Института кибернетики АН



ГрССР, Научного совета по выставкам работ АН СССР, Министерства электронной промышленности СССР, Министерства высшего и среднего специального образования РСФСР, Министерства химической промышленности СССР, Министерств культуры СССР и УССР, Белорусского оптико-механического объединения в соответствии с Координационным планом Академии наук СССР (подпрограмма 1.5.2.1.) и планами отраслевых министерств и ведомств в период с 1967 по 1987 годы выполнена работа «Разработка технических средств и методов получения крупноформатных художественных голограмм с целью пропаганды достижений советской науки и техники и широкого показа голографических копий произведений искусства и памятников культуры». В коллектив авторов данной работы вошли: Денисюк Ю.Н., Мирошников М.М., Ермолаев М.М., Протас Р.Р., Усанов Ю.Е., Смаев В.П., Загорская З.А., Брыскин В.З., Бурский В.А., Видмант Ф.В., Калинин А.Н., Кириллов Н.И., Масленкова Н.Г., Климзо Э.Ф., Шевцов В.И., Шварцвальд А.И., Рубанов А.С., Танин Л.В., Какичашвили Ш.Д., Явтушенко И.Г., Марков В.Б., Соболев Г.А., Ванин В.А.

Выполненный в рамках данной работы комплекс фундаментальных научных исследований, проектно-конструкторских и технологических разработок направлен на развитие методов голографии и, в частности, художественной крупноформатной голографии, являющейся новой формой международного культурного обмена, способствующей пропаганде достижений советской науки и техники и показу голографических копий произведений искусства и памятников культуры СССР.

Однако отсутствие в мировой практике специально разработанной технологии записи художественных голограмм и регистрирующих материалов для них сдерживало широкое применение отражательных голограмм для указанных целей. Художественная голография требует высокого уровня развития различных, связанных с ней научных направлений и промышленных технологий, поэтому ее достижения отражают научно-технический потенциал страны, представляющей голографические экспозиции.

Представленный коллектив авторов выполнил большую работу по созданию и разработке методов и средств художественной голографии с целью широкой пропаганды достижений отечественной науки за рубежом и в различных регионах нашей страны, результатом чего явилось формирование

нового направления в музейной и выставочной работе.

Предложенные принципы синтеза голографических светочувствительных сред позволили создать новый класс прозрачных фотоматериалов с большой разрешающей способностью, необходимой для получения высококачественных художественных голограмм с максимальным эффектом реальности демонстрируемого с их помощью объекта.

Были разработаны оригинальные методы синтеза особомелкозернистых галогенсеребрянных эмульсий со средним диаметром непроявленных микрокристаллов галогенида серебра порядка 0,005–0,03 мкм, а также условия оптимальной спектральной сенсбилизации последних к лазерному излучению. Эти разработки были доведены до промышленного внедрения и выпуска голографических фотоматериалов ЛОИ-2 (1974) и ПЭ-2 (1978), которые до сих пор не имеют равных аналогов за рубежом.

Авторами данной работы были созданы оригинальные методы химико-фотографической обработки голографических материалов, обеспечивающие высокое качество восстановленных изображений, что совместно с разработанными фотоматериалами сделало голографические экспозиции предметом огромного интереса не только для специалистов, но и для широких кругов общественности.

Наряду с решением химико-фотографических проблем были предложены оригинальные принципы регистрации голограмм с выносом изображения в предэкранное пространство, методы получения и формирования комбинированных, взаимно дополняющих друг друга, объемных и плоских изображений, методы записи круговых голограмм на фотопленке, способы получения оптических «слепков», основанные на использовании голографических свойств псевдоскопического изображения, новые применения поляризационно чувствительных сред. Совокупность этих разработок позволила организовать промышленный выпуск художественных голограмм, используемых в качестве учебных пособий, товаров народного потребления, являющихся предметом экспорта, а также осуществить мелкосерийный выпуск голограмм уникальных памятников истории и культуры для комплектования голографических выставок, проводимых в СССР и за рубежом.

Зарубежные выставки достижений СССР в области голографии организовывались Научным советом по выставкам работ АН СССР и академией наук



союзных республик, Комиссиями СССР и УССР по делам ЮНЕСКО, министерствами культуры СССР и УССР, Госпланом БССР и ГКНТ Грузинской ССР, а также использовались отдельные экспозиции голограмм на международных выставках и ярмарках, с участием Торгово-промышленной палаты СССР и Всесоюзного объединения «Международная книга». Проведение этих выставок явилось новой нетрадиционной формой пропаганды достижений советской науки и техники и служило широкому показу уникальных памятников истории и культуры нашей страны. Было проведено около 40 зарубежных выставок.

Одновременно с проведением зарубежных выставок аналогичная работа велась в СССР. Голографические выставки организовывались академиями наук СССР, УССР и БССР совместно с министерствами культуры СССР и УССР, Выставкой достижений народного хозяйства СССР, Выставкой передового опыта народного хозяйства УССР и БССР, Государственным оптическим институтом им. С.И. Вавилова, Домом оптики ГОИ им. С.И. Вавилова, НПО «Платан».

Первая в СССР выставка художественных голограмм прошла в Минске (13 февраля – 17 марта 1978 года) в выставочном зале Президиума АН БССР, а затем на ВДНХ БССР – «Голография-78». Ее организовали Институт физики АН БССР, Государственный оптический институт им. С.И. Вавилова, Всесоюзный научно-исследовательский кинофотоинститут (Москва), КБ киноаппаратуры (Москва), Ленинградский институт ядерной физики им. Константинова АН СССР, Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе АН СССР, Институт физики АН БССР, Институт физики УССР, Институт кибернетики ГрССР, МИРЭА, НПО «Платан», ПО «Славич», Госниихимфотопроектом и Научный совет АН СССР.

Следует особо отметить, что успешное развитие работ в области художественной голографии в СССР и их применение в популяризации памятников истории и культуры стало объектом пристального внимания со стороны международных и общественных организаций. ЮНЕСКО, учитывая актуальность этих мероприятий, их широкое развитие в СССР, приняла резолюция 22С/5 пункт 11116 о включении этих работ в Программу своей деятельности (Крупная программа XI).

Основные результаты работы – были разработаны технические средства и методы регистрации художественных голограмм, и с их помощью созданы голографические экспозиции, которые

проводились более 50 раз в СССР и 40 раз за рубежом. За это время общее число посетителей достигло по Советскому Союзу – 13 млн человек, за границей – более 5,0 млн человек.

Отдавая дань глубокого уважения отечественным профессионалам высокого уровня и долга, посвятим слова благодарности Ю.Н. Денисюку, Ю.И. Островскому, Г.В. Островской, С.Б. Гуревичу, Г.В. Скроцкому, Л.М. Сороко, И.Р. Протас, Н.И. Кириллову, Н.Г. Власову, И.Н. Компанцу, Л.Д. Бахраху, Ш.Д. Какичашвили, А.П. Капице, А.С. Рубанову, М.С. Соскину, В.Г. Сидоровичу, И.С. Клименко, Б.Г. Турухану, Н.Турухану, К.К. Шварцу, О.А. Озолсу, М.М. Бутусову, М.П. Петрову, О.Б. Серову, И.П. Налимову, В.Г. Комару, Ю.Н. Овечкису, В.А. Сойферу, В.М. Гинзбургу, Г.Г. Левину, Г.Н. Вишнякову, Ю.И. Филенко, Е.Н. Лехциеру, А.Н. Метелкину, Н.Л. Казанскому, А.Г. Полещуку, Г.И. Грейсху, Г.Б. Семенову, К.С. Мустафину, А.В. Лукину, Е.И. Штыркову, Н.К. Павлычевой, Г.А. Соболеву, С.Б. Шевченко, В.А. Ванину, А.И. Шварцвальду, В.Б. Маркову, С.Г. Одулову, В.Б. Тараненко, И.Г. Явтушенко, А.Н. Тимошенко, А.В. Крейтеру, Н.Г. Орловой, Л.В. Некрасовой, Ю.Е. Усанову, З.А. Загорской, В.Б. Константинову, Г.А. Гаврилову, Г.В. Дрейден, Е.Н. Шедовой, Н.М. Ганжерли, Е.Бруи, В.И. Суханову, Д.И. Стаселько, Е.В. Ивакину, А.Д. Гальперну, М.К. Шевцову, О.В. Андреевой, В.П. Смаеву, М.М. Ермолаеву, В.З. Брыскину, Н.Л. Кособоковой, С.Б. Одинокону, А.И. Чепурному, Б.В. Акимову, А.В. Смирнову, В.А. Барачевскому, Р.Р. Герке, Е.Н. Богачевской, И.Ю. Юсупову, Л.А. Бондареву, А.Ф. Смыку, С.П. Воробьеву, С.Захаравасу, Ю.А. Сазонову, А.В. Гончарскому, А.Н. Малову, И.П. Петровичу, А.М. Лазаруку, Б.Н. Тюшкевичу, Н.М. Спорнику, В.А. Бурскому, С.Н. Гинаку, С.А. Рыжечкину, П.В. Моисеенко, В.В. Маникало, Е.А. Мельниковой, А.Л. Толстику, В.В. Шепелевичу и многим другим специалистам, с кем жизнь предоставила мне возможность общаться, трудиться, учиться, набираться опыта. Это замечательные люди, чьи работы способствовали вхождению голографии в нашу повседневную жизнь.

У голографии большое будущее, мы все лишь только к ней прикоснулись. Уверен, что молодое поколение голографистов, которым мы передаем сегодня все свои знания и опыт, продолжат открытия новых страниц голографии. Ее ждет внимание и развитие, и еще не раз на потенциал возможностей голографии обратят внимание новые технологии. ■

## Конференция HOLOEXPO 2019

XVI Международная конференция HOLOEXPO 2019 по голографии и прикладным оптическим технологиям прошла 10–12 сентября 2019 года в п. Стрельна, Санкт-Петербург. Оптические и фотонные технологии по-прежнему оказываются на переднем плане науки и техники, как только речь заходит о контроле и детектировании, в каких бы целевых рынках это ни происходило.

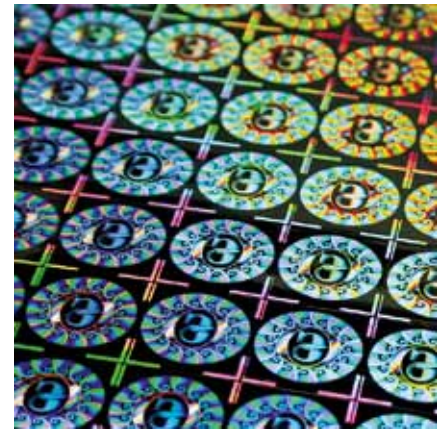
В последние годы и в России, и за рубежом наблюдается активное внедрение голографических технологий и методов в самые различные направления прикладной оптики и оптико-электронной техники. Примером этого может служить развитие защитной голографии с получением цветных 3D-изображений на основе мультиспектральных фотополимерных материалов, применение голограммных и дифракционных оптических элементов (ГОЭ-ДОЭ) в 3D-дисплеях, устройствах визуального наблюдения (дополненной реальности, прицелах). Активно развивается цифровая голография и компьютерные методы синтеза голограмм, их применение для систем отображения 2D/3D изображений, для датчиков волнового фронта, в устройствах оптико-голографической памяти, голографических корреляторах распознавания изображений. В связи с созданием новых многоцветных лазеров и высококачественных фотоматериалов активно развивается изобразительная голография, а также и другие приме-

нения голографии в прикладных оптических технологиях. Поэтому ежегодно проводимые Международные конференции HOLOEXPO привлекают внимание специалистов самых разных областей знаний.

Общий взгляд на срез новейших научно-технических разработок в области голографии позволяет оценить состояние рынка голографической продукции и определить ее основные направления развития. Неожиданно приобрел особую остроту вопрос возникшего противоборства между индустрией голографических маркировочных элементов и лазерной маркировкой цифровых кодов на серийно производимых изделиях. С другой стороны, стремительное развитие VR/AR-технологий открывает широкие перспективы для использования голографических методов нанесения дифракционных решеток в элементах конструкций VR/AR-систем.

В программе были учтены следующие направления:


- технологии в области защитных голограмм;
- формирование изображений и отображение информации с помощью голограммной оптики;
- голограммные и дифракционные оптические элементы: методы компьютерного синтеза, метаматериалы, плазмонные структуры и технологии изготовления;




- объемная голография и фоточувствительные материалы для голографии;
- голографическая интерферометрия, голографическая память, оптико-голографическая обработка информации.

Конференция проводилась в соответствии с программой, в ней приняли участие более 120 человек. Доклады раскрывали не похожие друг на друга грани использования методов голографии: начиная с защиты документов от подделок, до формирования вихревых пучков и создания оптических диффузоров. HOLOEXPO 2019 прошла лаконично и ярко, и в этом большая заслуга руководителя научного форума д.т.н., профессора С.Б.Одинокова и его коллег из организационного и программного комитетов.


*Н. Л. Истомина, Л. В. Карякина*




**ООО «Микро и наноголографические системы»**  
«Micro and nanoholographic systems» Company, Ltd.



**Оптико-электронный сканер**



**ГОЭ-ДОЭ**



Матрица линз  
Френеля  
Матрица дифракционных решеток

- проведение научно-исследовательских, опытно-конструкторских и опытно-технологических работ в области голографических нанотехнологий

- изготовление голограммных и дифракционных оптических элементов

- разработка и создание оптико-голографических систем и устройств для контроля подлинности защитных голограмм

- организация и проведение тематических конференций, школ, семинаров и выставок в области голографических технологий

ООО «МНГС» РФ, 105005, Москва, ул. 2-я Бауманская, д. 5, стр. 1, тел.: +7(499) 263-63-44, e-mail: odinokov@bmstu.ru