

*Памяти Е.Н. Юстовой –
основоположницы российской колориметрии*

Подвижница науки

Для человека одним из ценнейших и замечательных даров природы является ощущение цвета как самого характерного свойства зрения. Исследования цвета в мировой и отечественной науке имеют давнюю историю, но вопросами обеспечения единства цветовых измерений учёные стали заниматься сравнительно недавно.

Героиня нашего сегодняшнего разговора – крупный российский учёный-метролог, почётный член Метрологической академии РФ, доктор технических наук Елизавета Николаевна Юстова. Она внесла большой вклад в отечественную метрологию, посвятив себя исследованиям общей теории цвета и его практических измерений, что позволило значительно продвинуться в обеспечении единства цветовых измерений. Результат её деятельности – это не только новый взгляд на фундаментальные научные представления о цвете, но и практические рекомендации для авиационной, текстильной, электронной, медицинской, химической и многих других отраслей промышленности.

Исследования цвета в российской науке наиболее интенсивно велись в период освоения космоса. И, конечно, начало им положил Ю.А. Гагарин. После отважно-чарующего возгласа “Поехали!” следующими его словами были “Красотища-то какая!”. В таком ответственном деле, как первые космические полёты, каждое слово с орбиты является не только констатацией фактов, но и служит основой для технических заданий на следующие полёты. Именно в результате первых впечатлений и оценок, а главное – исходя из чрезвычайной важности цветовой информации о наземных, морских и космических объектах, формировались программы дальнейших космических исследований. Характерна последовательность предпринимаемых действий. Сначала информация документировалась с помощью цветной киноплёнки – первым космическим кинооператором был Г.С. Титов. Затем цветные зарисовки делал А.А. Леонов. Г.Т. Береговой был первым, кто подошёл к проблеме измерения цвета профессионально: он производил цветовые сличения с помощью Атласа-500 – специально изготовленного эталонного сборника цветов. А начиная с космонавтов Е.В. Хрунова и В.Г. Лазарева, работа на орбите, связанная с измерением цвета, уже проводилась по специально разработанным программам.

Автором идеи и разработчиком Атласа-500, а затем и Атласа-1000, а также Государственного специального эталона единиц коэффициентов спектрального пропускания и отражения видимого спектра была сотрудница ВНИИМ им. Д.И. Менделеева Елизавета Николаевна Юстова.

Создание атласов и эталона – это достижения огромной исследовательской работы, которую всю жизнь вела эта неутомимая женщина. Её путь в науке был не всегда прост. С одной стороны – блестящие результаты, коллеги-

единомышленники, ведомственная поддержка, международное признание, с другой – острые дискуссии, переходящие в борьбу двух научных направлений, разрушение её научной школы, передача во ВНИИОФИ в связи с переориентацией метрологических институтов всего комплекса оптико-физических измерений, в том числе и научного направления колориметрии, демонтаж исследовательской установки и почти забвение. Но даже в таких условиях Е.Н. Юстова не отрелась от своих научных взглядов, практически в одиночку продолжала вести научные исследования, писать научные статьи, выпустила научную монографию. Заложенные ею основы единства цветовых измерений развиваются и ныне. В том, что сегодня российская колориметрия признана в мире, – великая заслуга Елизаветы Николаевны.

Желание познакомить читателей с жизнью и деятельностью замечательного учёного, воздать должное её вкладу в отечественную науку, привлечь внимание к колориметрии, осознать существенные трудности, стоящие перед ней сегодня, послужили поводом для публикации целого ряда материалов, объединённых единой темой.



Юрий Тарбеев,
председатель редакционного совета
журнала “Мир измерений”,
президент Метрологической академии РФ,
заслуженный деятель науки и техники РФ,
лауреат премии Правительства РФ
в области науки и техники,
доктор технических наук, профессор

От редакции

Эту статью Елизавета Николаевна Юстова написала специально для Российской метрологической энциклопедии. Мы перепечатываем материал с разрешения главного редактора энциклопедии Ю.В. Тарбеева с некоторыми сокращениями. Обращаем внимание читателей, что, хотя на момент написания Е.Н. Юстова была в очень преклонном возрасте, статейное изложение логично и чётко, полно полемического задора и глубоких рассуждений. Именно на таких учёных, осознающих всю ответственность перед государством и наукой, держится Россия!

История развития и современное состояние цветовых измерений

Е.Н. Юстова, доктор технических наук

Вся деятельность человека в той или иной мере связана с цветом, и во многих случаях требуется его оценка. Этим целям служит точная физическая наука колориметрия (раздел оптики), предметом её измерения является цвет. Однако строго научное определение понятия “цвет в колориметрии” ни в коем случае не следует смешивать с обыденным понятием этого слова при оценке зрительных ощущений и при характеристике цвета предмета.

“**Ц**вет в колориметрии” – физически измеряемая величина, характеризующая объективные свойства излучения. Это – трёхмерный аффинный вектор, что непосредственно следует из строгих экспериментально установленных законов сложения цветов, открытых Максвеллом и Грассманом ещё в середине XIX века.

Глаз человека в колориметрии является в конечном счёте основным измерительным прибором, и в силу этого обстоятельства иногда ошибочно ставится под сомнение объективность данной науки. На самом деле цвет является той объективной характеристикой излучения, которая необходима для данного приёмника – глаза. Замена приёмника потребовала бы измерения другого объективного свойства излучения, но даже при этом значение всего математического аппарата этой науки сохранилось бы.

Физическую основу колориметрии составляют спектральные энергетические измерения, и соответственно, она опирается на энергетический эталон.

Понятие единицы цвета аффинного векторного пространства не укладывается в рамки эквивалентно заданной векторной системы измерений. Можно говорить только о единицах измерения координат. Они энергетические, абсолютные или относительные в зависимости от того, измеряется ли цвет самосветящегося объекта или не самосветящегося, отражающего или пропускающего свет.

Цветовые измерения основаны на установке нуля-равенства между измеряемым цветом и суммой трёх цветов, выбранной системы измерений. Отсюда проистекают основные понятия колориметрии: вектор цвета, координаты цвета, цветовое уравнение, трёхцветная система измерения, средний стандартный наблюдатель и другие

(ГОСТ 13088-67 “Колориметрия. Термины и буквенные обозначения”).

Существует три метода измерения цвета: визуальный, объективный и расчётный. Соответственно каждый метод использует цветные приборы различные по степени точности и чувствительности. Для повышения точности предпочтителен метод компарирования цветов относительно метрологически аттестованных образцов.

Основные научные положения колориметрии были сформулированы ещё в XIX веке классиками естествознания: Ньютоном, Ломоносовым, Юнгом, Грассманом, Гельмгольцем, Максвеллом; в XX веке существенный вклад в неё внесли Шредингер и Ньюберг.

Эти положения таковы:

- цветовосприятие обеспечивается в результате функционирования трёх светочувствительных приёмников глаза;

- цвет – трёхмерный аффинный вектор; цвета можно измерять и складывать, преобразуя по законам векторной алгебры;

- существенно различать две метрики цвета: низшую как чисто физическую, в которой глаз выступает в роли нуль-прибора, и высшую как метрику цветовых ощущений (пороговую метрику), по сути определяющую наибольшее сходство и наименьшее различие между цветами. Низшая метрика цвета – собственно колориметрия – основательно изучена. Высшая метрика в значительной степени остаётся ещё “белым пятном” в колориметрии, т.е. свойства глаза как измерительного прибора ещё недостаточно изучены, а ими определяется погрешность цветовых измерений и допуска по цвету.

Колориметрия необходима как физический фундамент во всех разнообразных областях цветоведения. Она органически связана со всеми

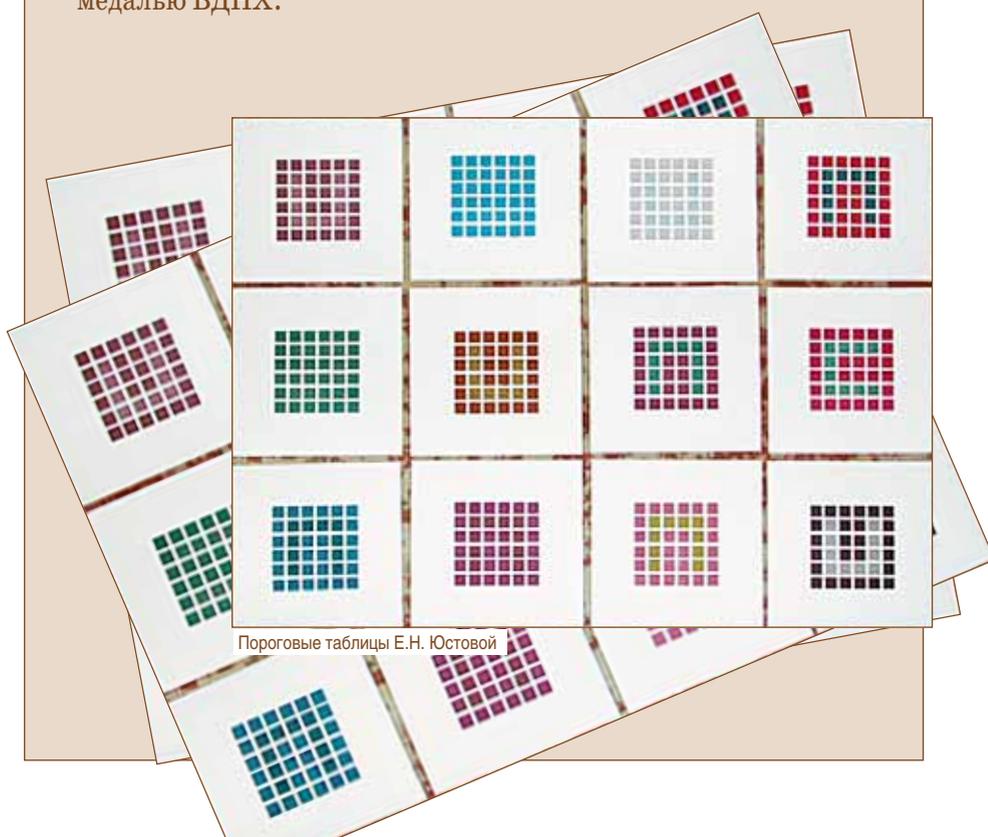


ЮСТОВА **Елизавета Николаевна** родилась 29 октября 1910 г. Окончила ЛГУ (1932 г.). Доктор технических наук (1976 г.), Почётный член Метрологической академии (1994 г.). Работала в Государственном оптическом институте им. С.И. Вавилова (1932–1951 гг.), в Астрофизической лаборатории

Елабужского филиала ЛГУ (1941–1944 гг.), во ВНИИМ им. Д.И. Менделеева (1951–1979 гг.).

Е.Н. Юстова – автор фундаментального исследования и определения основной физиологической системы RGB зрительных приёмников глаза и характеристик их спектральной чувствительности. Разработала новые оригинальные таблицы для обнаружения дефектов цветового зрения, комплекс метрологических средств для организации службы цвета в стране, образцовое колориметрическое оборудование. Автор отечественного Атласа цветов из 1000 стандартных образцов цвета (АП-100), который был утверждён в качестве единой меры цвета СССР и стран – членов СЭВ. Создатель Государственного специального эталона единиц спектральных коэффициентов пропускания и отражения. Консультант Колориметрического комитета Международной комиссии по освещению (1959–1979 гг.).

Автор более 90 печатных работ. Ветеран Великой Отечественной войны. Награждена медалью “Изобретатель СССР”, Золотой медалью ВДНХ.



Пороговые таблицы Е.Н. Юстовой

научными исследованиями по физиологической оптике. Без неё невозможна правильная передача цветов (репродукция) в кино и телевидении. Но самое широкое применение она нашла в лёгкой промышленности: текстильной, лакокрасочной, полиграфической...

Для практического внедрения колориметрии требовалось метрологическое обеспечение. Эту задачу взяла на себя Международная комиссия по освещению (МКО), результаты работы которой были впервые представлены в 1931 г. в форме международных рекомендаций по цветовым измерениям.

Современное состояние метрологии цветовых измерений, утвердившееся в международной практике и отражённое в стандартах, таково.

Цвета самосветящихся объектов (источников света), координаты которых следовало бы измерять в абсолютных энергетических единицах, измеряются фотометрической единицей (канделой) с добавлением двух так называемых координат цветности, указывающих направление цветового вектора цвета. Такие измерения удобны для светотехников, но не для колориметристов. Однако рекомендации МКО 1931 г. относятся только к измерению самосветящихся объектов, т.е. к той области цветов, которые включены в цветовое тело. Здесь координаты цвета измеряются как полагается, в относительной энергетической мере (относительно координат цвета образца белой поверхности), но и в данном вопросе сказались влияние светотехников, которые совершенно излишне ввели в функции сложения цветов среднего стандартного наблюдателя гетерохромную кривую видности, снизив точность цветовых измерений.

Влияние светотехников невыгодно отразилось и на выборе колориметрической системы основ-

ных цветов. Вместо естественной физиологической системы $R_0G_0B_0$, отражающей деятельность приёмников, введена крайне неудобная и ненаглядная светотехническая система XYZ с двумя X и Z безъяркими цветами, с двугорбой, трудно фотоэлектрически воспроизводимой кривой сложения $x(\lambda)$ и неравномерным масштабам. Единственное расчётное преимущество системы XYZ – сосредоточенность яркости в координате – утратило значение с развитием вычислительной техники.

По-видимому, настало время для Международной ассоциации по цвету (МАЦ) взять на себя метрологические проблемы цвета.

Потребность в колориметрии возникает в процветающем обществе. В нашей стране проблема колориметрии встала почти сто лет назад. В 20-х гг. XX века в России в Государственном оптическом институте (ГОИ) была создана цветовая лаборатория с группой зрительных восприятий. В ней под руководством Л.И. Дёмкиной и Г.Н. Раутиана начали работать молодые сотрудники. Также этой новой важной отраслью оптики заинтересовались специалисты-светотехники С.О. Майзель, М.М. Гуревич, Н.Г. Бодцырев. Одновременно в Москве во Всесоюзном институте экспериментальной медицины (ВИЭМ) колориметрией стали заниматься физики, ученики школы академика П.П. Лазарева: Н.Т. и В.И. Фёдоровы и молодой математик, выпускник Московского Государственного университета (МГУ) – Н.Д. Ньюберг. Заинтересовался проблемами цвета и метролог П.М. Тиходеев – руководитель Фотометрической лаборатории Всесоюзного научно-исследовательского института метрологии (ВНИИМ). В Педагогическом институте стали преподавать колориметрию А.П. Уршов и А.А. Хархаров.

Вызванный к колориметрии интерес позволил в короткие сроки сконструировать и изготовить такие приборы, как лабораторный трёхцветный колориметр Л.И. Дёмкиной, заводский и полевой колориметры, а также первую модель аномалоскопа. Все названные приборы были визуальные. В это же время Л.И. Дёмкина начала подготовительную работу по созданию атласа цветов как единой национальной меры цвета, а Н.Д. Ньюберг провёл теоретические исследования, в результате которых определил форму цветового тела, разрешив таким образом главный вопрос о границах цветового пространства колориметрии самосветящихся тел.

В этот период был написан ряд книг и курсов по колориметрии (главным образом Н.Т. Фёдоровым, Н.Д. Ньюбергом и С.О. Майзелем) и руководств по цвету (Л.И. Дёмкиной). Был опубликован в физических и оптических журналах целый ряд научных статей. Учёные-колориметристы установили тесные творческие связи с промышленными лабораториями.

Расширяющиеся возможности и огромный интерес учёных к колориметрии поставил вопрос об унификации и стандартизации цветовых измерений в Советском Союзе с учётом только что появившихся рекомендаций МКО. Поэтому во ВНИИМ приступили к созданию прецизионной колориметрической установки и спектрального колориметра для измерения функций сложения цветов. Вместе с тем было чрезвычайно важно упорядочить цветовые понятия, определения, термины и обозначения.

Работа над стандартом продвигалась с большим трудом, т.к. появление новой физической величины “цвет” смущало даже та-

Колориметрия необходима как физический фундамент во всех разнообразных областях цветоведения. Она органически связана со всеми научными исследованиями по физиологической оптике. Без неё невозможна правильная передача цветов (репродукция) в кино и телевидении. Но самое широкое применение она нашла в лёгкой промышленности: текстильной, лакокрасочной, полиграфической...

ких крупных метрологов, как М.Ф. Маликов, Л.В. Залуцкий, П.М. Тиходеев, главным образом потому, что у трёхмерного аффинного вектора не оказалось единиц в том обычном понимании, которое существует во всех других видах измерения. Следующим препятствием было разногласие между колориметристами и светотехниками в трактовке и определении самого понятия “цвет”. Последние упорно отстаивали позиции С.О. Майзеля, согласно которой “цвет” – не самостоятельная физическая величина, а только придаток, качественная характеристика фотометрической яркости. По существу ошибка была заложена в Международных рекомендациях МКО и наши светотехники готовы были её повторить.

Н.Д. Ньюберг никак не мог убедить учёных-светотехников в том, что цвет – самостоятельная энергетическая величина, независимая от фотометрии и этой новой величине (аффинному вектору) необходимо предоставить свободу для его стандартизации без метрических единиц.

Разработка ГОСТ “Колориметрия” возобновилась только в 50-х гг. и затянулась почти на 10 лет, т.к. колориметристы и светотехники никак не могли прийти к единому мнению в основных положениях.

Противостояние двух школ было сильнейшим. Поэтому Н.Д. Ньюбергу пришлось использовать весь

свой научный авторитет высококвалифицированного колориметриста и математика, чтобы убедить оппонентов. Так была решена задача выпуска ГОСТа, необходимого колориметристу-практику.

Проблемами колориметрии в тесном контакте стали заниматься ГОИ и ВНИИМ. Творческая же судьба родоначальников российской колориметрии сложилась по-разному.

К сожалению, Л.И. Дёмкина, пионер отечественной колориметрии, увлекшись бесцветным оптическим стеклом, не вернулась в колориметрию.

Для Г.Н. Раутиана и его сотрудников это были плодотворные годы, когда они смогли поставить и выполнить ряд исследований в области цветового зрения. На новой оригинальной аппаратуре – сдвоенном колориметре и аномалоскопе – были проведены обширные исследования, направленные на выяснение метрических свойств глаза (исследование порогов цветоразличения во всевозможных условиях работы глаза). В результате статистических исследований, которые включали анализ зрительных дефектов и аномалий, была разработана и предложена рациональная классификация форм цветового зрения с количественной пороговой мерой оценки его состояния.

Г.Н. Раутианом на базе Изюмского завода цветного стекла были разработаны стеклянные свето-

фильтры для лабораторного воспроизведения стандартного дневного света, которые заменили неудобные жидкие светофильтры, рекомендованные МКО.

Н.И. Сперанской были выполнены эксперименты по новому определению функций сложения цветов среднего стандартного наблюдателя, результаты которых вошли в международный стандарт МКО 1964 г.

М.М. Гуревич с группой сотрудников в содружестве с ЛОМО сконструировал прецизионный спектрофотометр СФ-2 (и последующие марки СФ-2М, СФ-10, СФ-14) и создал качественно идеальный образец белой поверхности из специально разработанного молочного стекла МС-14, МС-20. Во ВНИИМ эти разработки впоследствии легли в основу Государственного специального эталона единицы спектральных коэффициентов пропускания и отражения видимого спектра.

Работая над методикой компарирования цветов, М.М. Гуревич разработал фотоэлектрический компаратор цвета ФКЦ-Ш (с шаровым осветителем). В 1951 г. он опубликовал курс колориметрии “Цвет и его измерение”, в котором в соответствии с рекомендациями МКО определил цвет как качественную характеристику количественной фотометрической величины. Н.Д. Ньюберг в “Вестнике Академии наук” подверг эту книгу резкой и основательной критике.

За три года работы в ГОИ Н.Д. Ньюберг и Е.Н. Юстова в колориметрических опытах с дихроматами определили цвета основной физиологической системы $R_0G_0B_0$ и кривые спектральной чувствительности приёмников глаза. Эти данные, признанные классическими, включил в свой учебник “Современный курс физики. Лекции по физике” Р. Фейнмана. (Книга была издана в Советском Союзе в 1967 г.)

Система $R_0G_0B_0$ открыла путь для построения новых рациональных средств испытания цветового зрения (аномалоскопов, тестовых таблиц). Она была применена в вышеупомянутом аномалоскопе Г.Н. Раутиана и “Пороговых таблицах для испытания цветового зрения”, разработанных во ВНИИМ (Е.Н. Юстова и К.А. Алексеева) совместно с Военно-медицинской академией (В.В. Волков и В.И. Сергеев). Таблицы вышли вторым изданием в 1994 г.

Одновременно в московском научно-исследовательском светотехническом институте (ВНИСИ) развернулись обширные научные исследования по объективной фотоэлектрической колориметрии. Организатором и руководителем этих работ был Д.А. Шкловер – ученик В.В. Мешкова, профессора кафедры светотехники Московского энергетического института (МЭИ), где работали его единомышленники А.И. Рымов и Р.С. Иоффе. Этот коллектив учёных разработал ряд приборов лабораторного и промышленного назначения: УФК-1, КНО-2, ЭЖЦ-1, ТК-1 и др., которые могли быть широко внедрены во многих отраслях лёгкой промышленности, если бы оптические заводы осуществили их серийный выпуск. К сожалению, из-за различных бюрократических проволочек, недостаточной мощности оптико-механических заводов и в силу ряда других субъективных причин внедрение не состоялось.

В.В. Мешков и А.Б. Матвеев разработали и подготовили к изданию учебный курс “Основы светотехники”, включив в него новый раздел “Физиологическая оптика и колориметрия”, в котором подробно изложили успехи отечественной колориметрии.

Достижения наших учёных в области колориметрии начали быстро внедряться в различные от-

расли промышленности, в экономическую и торговую жизнь.

С поступлением новых фотоэлектрических приборов возросло значение промышленных контрольно-измерительных шкал, атласов и так называемых “цветников”, которые необходимы при производстве нефтепродуктов, какао-продуктов, жиров, маргарина... Все это требовало современного метрологического подхода.

Перед Комитетом стандартов возникла серьёзная задача обеспечения единства и стандартизации цветковых измерений в стране. Она была возложена на ВНИИМ, в котором уже имелись определенные предпосылки – были созданы образцовые приборы. Однако главным научным вопросом была разработка эталона цвета.

В соответствии с рекомендациями МКО эталон создавался для цветковых измерений в пределах цветкового тела. Для определения цвета эталонных образцов был принят метод расчёта по их спектротометрическим характеристикам и стандартизованным МКО функциям сложения цветов среднего стандартного наблюдателя. Следовательно, высокую точность и стабильность воспроизведения цветов можно было достичь за счёт прецизионных спектротометрических измерений и стабильности эталонных мер, что и осуществил ВНИИМ.

Эталон представлен комплексом, состоящим из набора прозрачных и отражающих образцов цвета, изготовленных из цветного оптического стекла ГОИ и высокоточной СФ-установки, созданной на базе отечественного спектротометра СФ-14.

Была проведена трудоёмкая научно-исследовательская работа по созданию стабильных отражающих образцов. Для этого ГОИ совместно с ВНИИМ разработал специальные глушённые оптические

стёкла, а точность спектротометрических измерений путём ряда конструктивных изменений и дополнений была повышена в 5 раз по сравнению с той, которую обеспечивал прибор СФ-14.

В процессе разработки эталона было выполнено исследование, позволившее выяснить научно и технически важный вопрос о необходимом и достаточном числе стандартных образцов цвета при выполнении компараторных измерений. В результате был предложен метод определения числа стандартных образцов в зависимости от допуска на воспроизведение функций сложения цветов в компараторе и требования к точности измерений. Этот метод обычно используется при выборе цветов эталонных мер. В 1975 г. появился Государственный специальный эталон единицы спектральных коэффициентов пропускания и отражения видимого излучения, ГОСТ 8.205-76.

Параллельно с работой над эталоном ВНИИМ разработал Государственную поверочную схему для средств измерения цвета и всю необходимую нормативно-техническую документацию на правила поверки средств измерения цвета. В основу этой схемы был заложен принцип компарирования цветов как наиболее надёжный и точный при передаче цвета от эталона до рабочей меры.

Одновременно была проделана исключительно трудоёмкая работа над созданием Атласа стандартных образцов цвета с тысячей образцов (АЦ-1000). Задача этого Атласа – быть, подобно атласам Манселла и ДИН, единой национальной мерой нашей страны, по которой бы методом компарирования сравнивались и проверялись отраслевые атласы и шкалы цветов.

Налаженная служба цвета была разрушена в 1985 г. когда распоря-

жением Госстандарта СССР всё эталонное колориметрическое оборудование было передано из ВНИИМ во ВНИИОФИ. Там смогли использовать только эталонные меры ВНИИМ, а сердце эталона – СФ-установка – не была смонтирована и воспроизведена, метрологическое правило передачи эталонов было нарушено, эталон ВНИИМ фактически был разрушен.

Представленная в 1990 г. ВНИИОФИ поверочная схема ГОСТ 8.205-90 “Государственная поверочная схема для средств измерения координат цвета и цветности” содержит грубую принципиальную ошибку, основанную на непонимании аффинной природы цвета.

Хотя эталон ВНИИМ более не существует, тем не менее полезно знать о существовании первого отечественного эталона единицы спектральных коэффициентов пропускания и отражения, важного и для спектрометрии видимого спектра.

Интересно отметить, что в прошлом Госстандарт проявлял заботливое отношение к развитию колориметрических работ ВНИИМ. Так, в 1956 г. он создал специальную постоянную колориметрическую комиссию (ПКК), которая сплотила научные и инженерные кадры колориметристов и смежных с колориметрией областей для усиления колориметрии во ВНИИМ. Это был как бы своеобразный парламент, организующий и направляющий работу ВНИИМ. Такая поддержка была необходима, т.к. некоторые члены учёного совета ВНИИМ недооценивали промышленное значение колориметрии и не считали колориметрию наукой.

На первом же совещании ПКК в 1956 г. обсуждали актуальный вопрос о создании отечественного Атласа цветов метрологического

назначения как единой меры цвета для всей страны, аттестованного во ВНИИМ. Свои соображения о принципах построения атласа изложил Н.Д. Ньюберг. Комиссия, обсудив всесторонне данную проблему, приняла решение рекомендовать ВНИИМ включить в план работы группы колориметрии тему по созданию образцового атласа цветов. Это была организационно сложная и очень трудоёмкая работа, но ВНИИМ достойно справился с задачей и изготовил Атлас в тысячу цветных образцов (АЦ-1000).

Однако ПКК вскоре была преобразована в Межведомственную комиссию при Госстандарте, её состав расширился за счёт вступления представителей различных

принять участие в Международном симпозиуме по цвету, организованном Национальной физической лабораторией (НФЛ) в Теддингтоне (предместье Лондона). От учёных Советского Союза было представлено 10 докладов, тексты которых обсуждались на ПКК. Делегированы же были только три человека: д.ф.-м.н. Н.Т. Фёдоров, к.т.н. Е.Н. Юстова и к.т.н. С.Г. Юров. На симпозиуме был представлен весь цвет мировой колориметрии. В личном общении с выдающимися специалистами в области колориметрии и физиологической оптики, такими как председатель Комитета по колориметрии МКО проф. Д. Джадд, проф. В. Стайлс, проф. В. Райт,

Интересно отметить, что в прошлом Госстандарт проявлял заботливое отношение к развитию колориметрических работ ВНИИМ. Так, в 1956 г. он создал специальную постоянную колориметрическую комиссию, которая сплотила научные и инженерные кадры колориметристов и смежных с колориметрией областей для усиления колориметрии во ВНИИМ

ведомств и производств. Комиссия стала всё меньше интересоваться научными проблемами, уделяя всё больше и больше внимания организационным вопросам. Поэтому ВНИИМ в 1976 г. организовал общесоюзный семинар, на котором обсуждались исключительно проблемы и результаты научно-исследовательских работ.

Надо отметить особую роль в развитии колориметрии Н.Д. Ньюберга. Выдающийся математик, он по дарованию, несомненно, превосходил своих современников. В совершенстве владея теорией колориметрии, он глубоко понимал практические задачи и требования промышленности в самых разнообразных вопросах.

В 1957 г. советским учёным была предоставлена возможность

советским учёным удалось обсудить научные вопросы метрологической тематики и ознакомиться с аппаратурой НФЛ. Таким образом установилась связь с МКО. В колориметрический Комитет 1.3.1. МКО от СССР был введён эксперт д.т.н. Г.Н. Раутиан и к.т.н. Е.Н. Юстова как консультант; экспертом Комитета по цветопередаче стал к.т.н. Д.А. Шкловер. В нашу страну стала поступать полезная информация о деятельности МКО, установилась личная переписка между специалистами. Но о вступлении в Организацию в ИСО и МАЦ оставалось только мечтать.

В это же время установилось творческое общение с учёными стран-участниц Совета экономической взаимопомощи (СЭВ).

Представляется, что в настоящее время всякое участие России в международной научной деятельности по колориметрии прекращено, а ВНИИМ утратил связь с МКО.

К сожалению, русская метрологическая служба цвета находится не в лучшем состоянии. Промышленные предприятия (в частности, “Лакокраска”) и ВНИИ технической эстетики приобрели иностранные фотоэлектрические колориметры, в частности прибор “Макбет” и колориметр в комплекте с атласом RAL, кото-

рые не проходили государственные испытания.

Создание научных школ – процесс длительный и сложный. В течение пятидесяти лет формировалась школа советских колориметристов. Строго продуманные структуры эталонного комплекса и Государственной поверочной схемы во ВНИИМ явились метрологическим итогом научных достижений этой школы.

Будущим исследователям хочется дать совет: изучайте коло-

риметрию по работам классиков естествознания, осознайте прямую связь между цветом и энергией излучения, минуя фотометрическую яркость, тогда не будет затруднений в понимании цвета как одной из основных физических величин, колориметрия предстанет перед нами как стройная изящная наука и практические задачи станут разрешимы. И еще один совет: критически воспринимайте публикации по колориметрии, трактующие цвет как качественную характеристику фотометрической количественной величины. Необходимо очень внимательно относиться к попыткам изменения ГОСТ 13088-67 “Колориметрия”.

Что касается прогноза на дальнейшие научные разработки, то молодым учёным необходимо участвовать в установлении нового международного стандарта на функции сложения цветов, которые необходимо задавать с допуском, а эталонные меры в государственном эталонном комплексе придётся исчислять не тремя, а многими образцами, число которых будет определено требованиями к точности цветовых измерений. Подобным путём образцовые наборы можно составлять из образцового Атласа цветов АЦ-1000. Так будет утверждена “многоцветная колориметрия” для высокоточной оценки малых цветовых различий.

Далее, по-видимому, будет развиваться колориметрия самосвещающихся объектов с её абсолютными энергетическими измерениями, стандартами и эталоном.

Чтобы колориметрия успешно внедрялась во все многочисленные области её приложений, следует облегчить её понимание введением физиологической системы $R_0G_0B_0$ в качестве основной, стандартной.

Краткий перечень колориметрических достижений XX века (иностраных и отечественных)

- Разделение колориметрии на высшую и низшую метрики цвета.
- Цветовое тело.
- Физиологическая система $R_0G_0B_0$ спектральной чувствительности приёмников глаза.
- Новый стандартный наблюдатель 1964 г. МКО.
- Новые аномалоскоп и пороговые таблицы для испытания цветового зрения.
- Книги, курсы колориметрии и руководства, ГОСТ 13088-67 „Колориметрия”.
- Визуальные и объективные колориметры и компараторы.
- Точный спектрофотометр типа Харди (ГОИ).
- Образец белой поверхности МС-20 для колориметрии и спектрофотометрии. Спектральные светофильтры для воспроизведения источников В и G.
- Цветные глушёные стекла для эталонов и образцов цвета.
- Цветное оптическое стекло.
- Принцип построения специального эталона единицы спектральных коэффициентов пропускания и отражения (для колориметрии и спектрофотометрии).
- Поверочная схема для измерения цвета ГОСТ 8.205-76.
- Образцовые национальные атласы цвета: Манселла, ДИН, ВНИИМ.
- Многоцветная колориметрия в применении к измерению малых цветовых различий.

Примечание

В данный список работ не включён метод измерения малых цветовых различий и оценки их скалярным показателем ΔE , вычисленным по рекомендованным МКО формулам. Как бы малы ни были цветовые различия, они – по своей природе – трёхмерные векторы. Поэтому показатель ΔE плохо согласуется со зрительными оценками и следует воздержаться от включения его в метрологию.