

Климатические условия хранения и экспонирования музейных предметов, архивных и библиотечных материалов, такие как температура, влажность, химический состав воздушной среды, а также световое воздействие являются факторами, влияющими на физическую сохранность материалов и их долговечность.

Одним из основных факторов, вызывающих деструкцию документов на бумажной основе, является световое излучение, поскольку органические материалы наиболее чувствительны к световому воздействию.

Тест-бумага для мониторинга физической сохранности документов (световой режим) при их экспонировании в музеях и на выставках



Томский Константин Александрович, доктор технических наук, генеральный директор НТП «ТКА».

Кузьмин Владимир Николаевич, кандидат технических наук, заместитель генерального директора НТП «ТКА» по оптике и фотометрии.

Троицкий Александр Сергеевич, инженер-исследователь НТП «ТКА».

Галушкин Александр Алексеевич, кандидат технических наук, заведующий лабораторией консервации и реставрации ПФА РАН, специалист в области долговечности документов на бумаге и технологий их реставрации.

Ткаченко Татьяна Семеновна, старший научный сотрудник, руководитель группы химии ЛКРД, специалист в области химической защиты документов и их долговечности

Свет представляет собой электромагнитное излучение, состоящее из трех областей электромагнитных волн: ультрафиолетовой (УФ), видимой (свет) и инфракрасной (ИК), заключенных в границах от 1 до 1 000 000 нанометров (1 нм = 1/1 000 000 мм). Видимая часть спектра, представляющая ничтожную долю всего спектра солнечного света, включает в себя лучи с длинами волн в пределах 400–770 нм, инфракрасная область — от 770 до 6000 нм, ультрафиолетовая — от 100 до 400 нм.

Свет практически любой длины волны приводит к быстрой деградации органических материалов: ИК-излучение повышает температуру поверхности облучаемых предметов [1], видимый свет способен дать толчок химическим и фотохимическим реакциям, но наиболее опасно для музейных экспонатов органического происхождения — УФ-излучение, приводящее к фотохимической деструкции и проявляющееся в снижении их механической прочности и пожелтении.

Сведения к минимуму отрицательного воздействия света на музейные экспонаты заключаются в: 1) использовании источников света с минимальной УФ и ИК-составляющей или (в идеальном варианте) с отсутствием таковых; 2) соблюдении рекомендуемых норм освещенности; 3) необходимости контроля количества суммарной освещенности (облучения) экспонатов.

Наиболее точным методом контроля освещенности является контроль с помощью различных оптических приборов. Отечественными приборами такого типа являются люксометры Ю-116 и Ю-117 (модели конца 1980-х гг.) и измеритель оптических излучений ТКА-01/3, разработанный и выпущенный научно-техническим предприятием ТКА в Санкт-Петербурге в 1994 году. Измеритель ТКА-01/3 предназначен для измерения общего светового фона (ОСФ) в музейных помещениях и выполняет функции люксометра и УФ-фотометра с измерением соотношения УФИ/ОСФ. Этот прибор рекомендован Министерством культуры РФ учреждениям, хранящим памятники культуры и истории.

Alexander A. Galushkin, Konstantin A. Tomsky, Vladimir N. Kuzmin, Alexander S. Troitski, Tatyana S. Tkachenko

Test-paper for monitoring the preservation of documents displayed in museums and exhibitions

One of major factors effecting a preservation of museum objects, archival and library documents is light. Total light scanning of exhibited items is monitored by special expensive devices, which are scarce in smaller museums.

The article deals with results of work to create test-paper changing color under light effect and to compile a color-changing scale depending on the light energy intensity according to a sample test. The test-paper should let improve monitoring light conditions for displayed objects in museums with insufficient light control equipment. As a result of the work done, an ingredient structure and test-paper samples changing color intensity under light effect have been elaborated.

543:271.2:069.4

В музейной практике одним из лучших приборов последнего поколения является дистанционная система радиоконтроля параметров климата (фирма HANWELL, Великобритания), позволяющая видеть на компьютере все изменения в режиме хранения (температура, влажность, освещенность). Информация о световом режиме в данной системе включает в себя не только анализ средних и экстремальных значений, но и подсчет накоплений освещенности в люкс-часах [2].

К сожалению, современные оптические приборы контроля являются дорогостоящими, и не каждая организация может приобрести их в необходимом количестве. Поэтому поиск альтернативных доступных методов контроля освещенности экспонатов весьма актуален. Одним из таких методов является метод «Blue-wool test», при котором специальные образцы из текстиля, окрашенные чувствительным к свету голубым красителем, размещаются в выставочных витринах и через определенное время их окраска сравнивается с контрольной шкалой, градуированной на дозу облучения в люкс-часах (лк-час). Это дает возможность контролировать суммарную дозу светового облучения, полученную экспонатами [3].

Целью исследований являлось получение в лабораторных условиях «тест-бумаги», изменяющей цвет (или его интенсивность) в результате светового воздействия на нее и составления шкалы изменения цветности в зависимости от количества световой энергии полученной тест-образцом. Наличие такой тест-бумаги позволило бы, по нашему мнению, улучшить контроль над режимом освещенности материалов при их экспонировании в музеях с недостаточным контрольно-приборным обеспечением.

Подбор бумаги-основы для тест-образцов проводился из вариантов бумаги опытной промышленной выработки фабрики Гознак, имеющей различный состав по волокну и наполнителям. Выбор был остановлен на бумаге массой 85 г/м² из хлопковой полумассы с добавкой каолина в качестве наполнителя (зольность — 9,3%).

Основным критерием при выборе бумаги-основы служило качество ее прокрашивания.

Окрашивание образцов бумаги проводилось методом погружения в водный раствор красителя при температуре 20 °С в течение 30 секунд с последующей сушкой на воздухе.

Экспресс-метод светового воздействия на тест-образцы выбирался с целью иметь возможность быстрого определения отношения различных красителей (изменение цвета или его интенсивности) к световому облучению. В практике исследовательских работ по старению бумаги применяется УФ-облучение как наиболее жесткий и наименее продолжительный метод искусственного старения. УФ-облучение было выбрано нами в качестве экспресс-метода. Для этого была применена лампа высокого давления ДРТ-400, излучающая энергию не только в ультрафиолетовой, но и частично в видимой области спектра. Наибольшее количество излучения лампы ДРТ-400 приходится на ближнюю УФ-область с максимумом 365 нм, рабочая коротковолновая граница — 240 нм, мощность — 400 Вт. Облучаемые образцы располагались на расстоянии 35 см от лампы, время экспозиции — 30, 60, 120, 240 мин.

Экспресс-метод облучения окрашенных различными доступными красителями образцов бумаги-основы позволил определить перспективные красители для дальнейших экспериментов:

— Основной ярко-зеленый (бриллиантовый зеленый) — диаминотриарилметановый краситель (краситель группы малахитового зеленого), далее — «зеленый»;

— Фуксин (основной краситель) — триаминотриарилметановый краситель, далее — «красный»;

— Основной фиолетовый К (метилловый фиолетовый) — триаминотриарилметановый (группы фуксина), далее — «фиолетовый».

Оптимальная концентрация растворов красителей была определена опытным путем, исходя из визуального восприятия исходного окрашенного образца и изменения насыщенности его цвета после применения экспресс-метода облучения при экспозиции 60 мин: зеленый — 0,010%; красный — 0,025%; фиолетовый — 0,008%.

Таблица 1

Состав композиций растворов красителей для окрашивания тест-образцов

Шифр образца	Состав раствора красителя (%-е соотношение)	Концентрация раствора красителя (за ед. конц. принята конц. исходного рабочего р-ра)
1	Зеленый (З) (100)	1
2	Фиолетовый (Ф) (100)	1
3	Красный (Кр) (100)	1
4	Ф (78) + З (11) + Кр (11)	1
5	Ф (78) + З (11) + Кр (11)	0,75
6	Ф (78) + З (11) + Кр (11)	0,5
7	Ф (50) + З (50)	1
8	Ф (50) + З (50)	0,75
9	Ф (50) + З (50)	0,5
10	Ф (75) + З (25)	1
11	Ф (75) + З (25)	0,75
12	Ф (75) + З (25)	0,5

Затем были составлены композиции из растворов указанных красителей, изготовлены тест-образцы и проведено их облучение экспресс-методом в течение 2 и 4 часов. По изменению интенсивности окраски тест-образцов были выбраны три варианта композиций красителей 3-х различных концентраций (табл. 1) и изготовлены окрашенные образцы для дальнейших этапов работы.

Облучение тест-образцов на данном этапе работы проводилось на базе НТП ТКА галогеновой лампой КГМ-60, имеющей широкий спектр длин волн, с освещенностью 1000 лк. Для получения шкалы изменения цветности тест-бумаги в зависимости от количества суммарного облучения использовались два режима световой обработки образцов — 30 000 лк·час (экспозиция 30 часов) и 50 000 лк·час (экспозиция 50 часов). Количество суммарного облучения материалов на бумажной основе 50 000 лк·час соответствует максимально допустимому значению при их экспонировании [3].

На каждом режиме световому воздействию были подвергнуты по 12 полосок образцов тест-бумаги, причем половина поля каждой полоски была закрыта непроницаемым для света материалом (т. е. не облучалась). Визуальная оценка результатов воздействия света на тест-образцы показала, что цвет полей до и после облучения заметно отличается. Отличие цвета наблюдалось и между образцами, получившими различную дозу — 30 000 лк·час и 50 000 лк·час.

Измерения оптических характеристик тест образцов (до и после облучения галогеновой лампой) проводились на спектрофотометре «ТКА-спектр». Данные средних значений из трех измерений представлены в таблицах 2 и 3.

В соответствии с Европейским стандартом DIN 5033, изменение цвета при значении величин $\Delta E > 3$ воспринимается как различимое глазом, то есть чем больше величина ΔE , тем более заметно изменение цвета.

Таблица 2

Оптические характеристики тест-образцов при световой экспозиции в течение 30 часов

Координаты	Шифр тест-образцов											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Необлученное поле образца												
x	0,3811	0,4442	0,502633	0,4441	0,4455	0,44616	0,41036	0,41643	0,4216	0,42366	0,4282	0,4331
y	0,40583	0,37213	0,494833	0,3741	0,378567	0,38346	0,3828	0,38753	0,3921	0,37646	0,38226	0,388433
L	70,3967	68,0533	65,33	66,2266	69,78333	72,8933	67,1566	70,2666	73,2	66,8033	70,01	74,19667
a	-18,95	10,18	28,65667	9,29	8,6	7,42666	-2,88333	-2,68333	-2,74	2,89	2,43666	1,943333
b	-20,567	-16,6433	-2,506667	-15,46	-13,71333	-11,71	-21,3866	-18,4533	-15,47	-20,3233	-17,2833	-13,77667
Облученное поле образца												
x	0,3908	0,44857	0,498533	0,45076	0,449	0,44966	0,4216	0,42463	0,42776	0,43213	0,43563	0,4379
y	0,40533	0,3787	0,365833	0,3801	0,383767	0,38836	0,38736	0,39123	0,3945	0,38243	0,38633	0,390867
L	71,8967	70,07	66,84	69,3033	71,94333	75,0033	70,0533	72,3766	74,95	69,5766	72,2466	75,58
a	-16,117	9,44333	26,60667	9,51	8,046667	6,95333	-1,13333	-1,50666	-1,69	3,48	3,33	2,6
b	-18,493	-12,7533	-1,92	-11,3166	-10,54	-8,46	-16,9933	-14,8266	-12,7666	-15,96	-13,6533	-11,29333
E	3,81792	4,44317	2,61281	5,16541	3,878379	3,90367	5,54567	4,35767	3,38718	5,20366	4,35633	2,917493

где: x, y — координаты цветности в системе координат МКО 1931 г.; L — светлота (яркость); a, b — цветоразностные координаты; ΔE — показатель цветовых различий

$$\Delta E = \sqrt{1 (L-L')^2 + (a-a')^2 + (b-b')^2}$$

Оптические характеристики тест-образцов при световой экспозиции в течение 50 часов

Координаты	Шифр тест-образцов											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Необлученное поле образца												
x	0,3831	0,4403	0,5073	0,4408	0,4399	0,4414	0,4085	0,4136	0,4195	0,4239	0,4283	0,4336
y	0,4103	0,3733	0,363	0,3779	0,3807	0,3838	0,384	0,3894	0,3943	0,374	0,3849	0,3909
L	78,763	84,17	79,583	82,387	85,807	88,747	82,81	86,467	90,407	81,643	87,813	82,8
a	-23,907	10,33	34,38	8,58	7,49	6,9367	-4,5233	-4,95	-4,88	4,4133	1,9	1,3567
b	-21,873	-20,637	-0,2	-17,773	-17,233	-15,49	-25,417	-21,94	-18,073	-25,107	-19,437	-13,747
Облученное поле образца												
x	0,3964	0,4506	0,5004	0,4519	0,4497	0,4483	0,4228	0,4257	0,4284	0,4377	0,4379	0,4377
y	0,4109	0,3843	0,3697	0,3844	0,388	0,3911	0,3927	0,3966	0,3989	0,3857	0,3918	0,3929
L	88,56	89,533	82,49	87,177	90,74	93,207	88,043	91,567	94,087	87,817	92	86,073
a	-19,075	9,9933	30,603	10,173	8,2967	6,7133	-3,0233	-3,5867	-3,6	4,8733	2,6567	2,0533
b	-17,31	-11,787	0,76	-10,943	-10,177	-9,2167	-17,37	-14,76	-12,803	-15,61	-12,807	-11,493
E	11,838	10,354	4,8614	8,493	8,6478	7,7004	9,7153	8,9119	6,5539	11,336	7,8777	4,0345

где: L, a, b — цветовые координаты цвета до облучения; L', a', b' — цветовые координаты цвета после облучения.

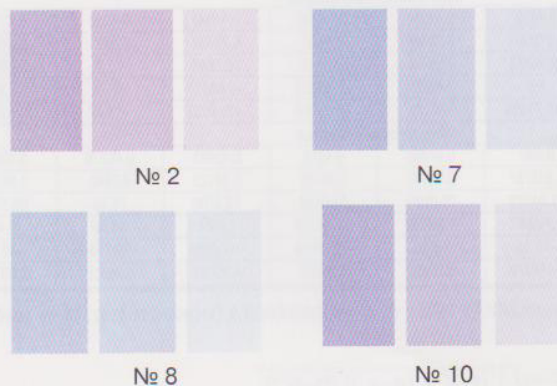
Из таблицы 2 и 3 видно, что из 12 образцов, получивших дозу облучения 30 000 лк·час, 10 образцов имеют значение $\Delta E > 3$ (от 3,4 до 5,2); при дозе облучения 50 000 лк·час значение $\Delta E > 3$ имеют все 12 образцов (от 4,0 до 11,3). Визуальная оценка изменения цвета тест-образцов совпадает с результатами оптических измерений.

В таблице 4 приведены значения величины ΔE для образцов тест-бумаги, изменение цветности которых при облучении наиболее заметно.

Из таблицы видно, что наибольшее значение показателя цветовых различий имеют образцы, в композиции которых (см. табл. 1) доминирует краситель — основной фиолетовый — это № 2, 10; достаточно высокий результат и у образцов № 7, 8.



Исходя из визуальной оценки изменения цветности образцов тест-бумаги в результате их облучения и полученных значений ΔE составлено 4 шкалы изменения цветности в зависимости от дозы облучения, состоящие из 3-х цветовых зон: 1) до облучения (контрольная); 2) после суммарной дозы облучения — 30 000 лк·час; 3) после суммарной дозы облучения — 50 000 лк·час.

Таблица 4
Значение величины ΔE тест-образцов после облучения их лампой КГМ-60

Шифр образца	Показатель цветовых различий		$E_1 - E_2$
	E_1 (при 30 000 лк·час)	E_2 (при 50 000 лк·час)	
2	4,4	10,4	6,0
4	5,1	8,5	3,4
7	5,5	9,7	4,2
8	4,4	8,9	4,5
10	5,2	11,3	6,1
11	4,4	7,8	3,4

В результате проведенной работы разработан композиционный состав и получены лабораторные образцы тест-бумаги, изменяющие интенсивность цвета при световом воздействии, а также составлены шкалы изменения цветности тест-бумаги в зависимости от количества суммарной дозы светового облучения (лк·час). Определена корреляция между визуальной оценкой изменения цветности тест-бумаги под действием светового облучения и количественными значениями показателя цветовых различий (ΔE).

Полученные лабораторные результаты могут быть приняты за основу при дальнейшей работе в направлении создания отечественной тест-бумаги. Дальнейшие исследования должны быть направлены на расширение спектра светочувствительных красителей, апробирование тест-бумаги в музейных условиях и создание технологий ее промышленной выработки.

Примечания:

1. Крышкин В.И. Уровни естественного освещения в экспозиционных залах музея и проблемы сохранности живописи // Материалы научно-практического семинара «Проблемы хранения и реставрации экспонатов в художественном музее», 26–27 апреля 2000 г. СПб.: Русский музей, 2000. С. 63–70.

2. Колмакова Е.А. Музейный климат — основа сохранности музейных коллекций // Реликвия. № 4 (7). 2004. С. 50–52.

3. Левашова Л.Г. Превентивная консервация в организации и проведении выставок // Материалы 2-го обучающего семинара «Экспонирование и сохранность памятников культуры и истории». 21–25 окт. 1996 г. СПб., 1997. С. 24–28.