

Е. М. Лоцманова, Е. С. Быстрова, Л. В. Камбулова

## Стабильность свойств мраморной бумаги, изготовленной с использованием современных акриловых красок

## Введение

Среди видов декоративной бумаги, использующейся в переплетном деле, можно выделить фактурные и бесфактурные, окрашенные в массу или с окраской лишь поверхностного слоя, гладкие и орнаментальные — с рисунком, выполненным типографским способом и с помощью ручной печати.

Наиболее популярным сортом форзацной и покровной бумаги для крытия сторонки остается многоцветная мраморная бумага. Завезенная в Европу с Востока еще в XVII в., освоенная и усовершенствованная применительно к европейской книге, она впоследствии получила распространение во многих странах. Технику мраморирования применяли и для украшения обрезов книг [1, с. 143].

Традиционный способ изготовления мраморной бумаги предполагает окрашивание каждого листа в ванне, куда наливается грунт, удерживающий краски на плаву и не дающий им растворяться или оседать на дно. Применяют краски на основе тонко измельченных минеральных и органических натуральных пигментов, растертых с клеящими веществами. В последнее время многие мастера пользуются гуашевыми красками. Для изготовления грунта существует довольно много видов загустителей, таких как трагакантовая камедь, крахмал, отвар семян льна и айвы [2, р. 21], из современных — карбоксиметилцеллюлоза. Однако для большинства красителей предпочтительней всего полисахарид каррагинан — экстракт морской водоросли, называемой «ирландский мох». Сильно разведенные краски набрызгивают на поверхность жидкого грунта в определенном порядке, а специальные добавки, в основном желчь, не позволяют им смешиваться. Раздвигая уже сформировавшиеся капли предшествующего цвета, они постепенно заполняют всю поверхность, образуя узор, напоминающий текстуру мрамора. Варьируя цвета и их количество, можно получить изображения широкой цветовой гаммы. Использование дополнительных инструментов — заостренных стержней, штифтов, гребней — позволяет сформировать самые разнообразные узоры: «нонпарель», «камешки», «павлинье перо» и др. Бумагу предварительно пропитывают раствором алюмокалиевых квасцов, опускают обработанной стороной на грунт, при этом квасцы вступают в химическую реакцию с желчью, закрепляя рисунок на бумаге, после чего лист снимают с грунта, укладывают на наклонную деревянную поверхность и ополаскивают проточной холодной водой для удаления остатков грунта [3, р. 13].

Описанная техника нанесения красок насчитывает несколько столетий. Среди исследователей нет единого мнения о том, в какой именно стране зародилось это искусство. Японская техника «суминагаши» известна с VIII в.: в емкость с водой опускали маленькие кружки из картона, затем на них понемногу добавляли нерастворимую в воде цветную тушь, повороты кружков разносили по воде разноцветные шлейфы, образуя узоры разных форм и размеров; рисунок в каждом случае обретал неповторимый вид, и затем его переносили на бумагу или ткань

[4, р. 4–20]. В Персии и Турции искусство мраморирования процветало во второй половине XVI в. Чарльз М. Адамс (*Charles M. Adams*) ссылается на работы Розамонд Б. Лоринг (*Rosamond B. Loring*) и Х. Тахерзаде Бехзад (*H. Taherzade Behzad*), более подробно описывающих это искусство, известное в Персии как абри [5, р. 3].

Самые старые известные экземпляры относятся к середине XV в. Наименование «эбру» (*ebru*), образованное от персидского корня «*ebr-*», значит «облако». Таким образом, турецкий способ мраморирования именуется «искусством облаков». В Европе он известен с XVI в. и претерпел различные трансформации. Стиль, наиболее напоминающий современный, сформировался во времена Ренессанса в Италии и Испании. Эбру бурно развивалось во Флоренции и Венеции, тогдашних оплотах искусства и науки. К XVIII в. мраморная бумага получила широкое распространение. Изготовление мраморной бумаги стало популярным ремеслом в XIX в. после того, как английский мастер Чарльз Вулно (*Charles W. Woolnough*) опубликовал книгу, в которой описывает, как он адаптировал метод мраморирования к книжному переплету, продемонстрированному им на выставке Crystal Palace в 1851 г. [6, р. 3–78]. До того как книгопроизводство стало максимально механизированным, почти все издательства и мастерские имели собственное производство мраморной бумаги. Развитие красочного производства в XIX в., индустриализация и удешевление материалов дали толчок к появлению механизированных приспособлений и даже промышленному изготовлению псевдомраморной бумаги с помощью роллов. Сегодня мраморная бумага не только используется в переплетном деле, но и широко распространена в дизайне.

Целью настоящей работы являлась оценка:

— изменения свойств, в том числе светостойкости изображения, образцов бумаги-основы, бумаги-основы, покрытой квасцами, и мраморной бумаги с различными красками; — возможности использования в консервации мраморной бумаги, изготовленной с применением современных акриловых красок.

## Методы и объекты исследования

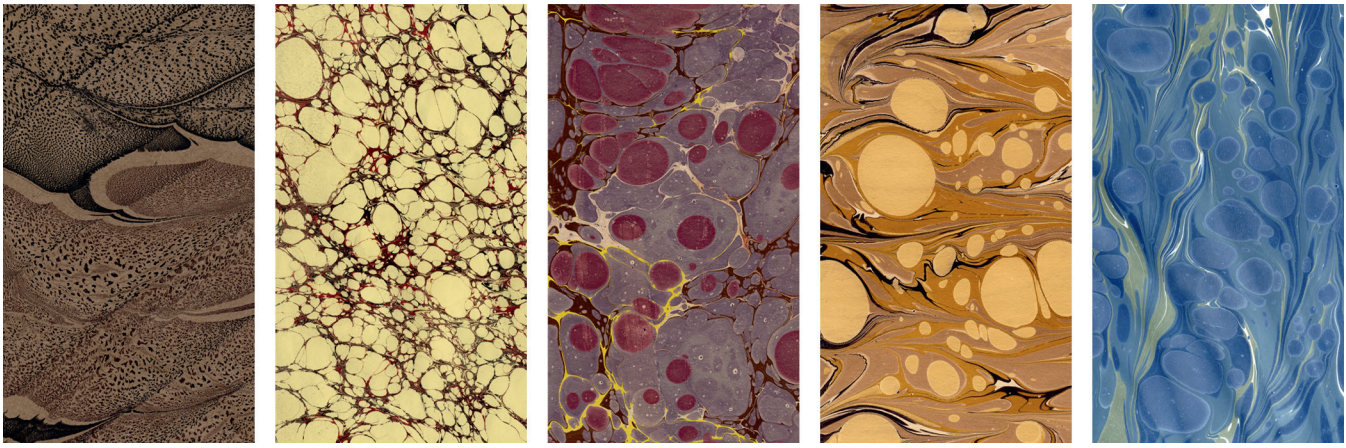
Химические, механические и оптические свойства образцов определялись до и после светового и теплового старения.

Тепловлажное старение выполнялось в климатической камере «Binder», режим старения соответствовал стандарту ISO 56-30: 1986 «Бумага, картон. Ускоренное старение (ч. 3). Обработка влажным теплом при температуре 80°C и относительной влажности 65 %».

Световое старение выполнялось в камере, оснащенной люминесцентными энергосберегающими лампами Osram Delux L 36W/11-860. Мощность одной лампы составляет 36 Вт, индекс цветопередачи — 80 (очень хороший), цветовая температура — 6000 К (дневной свет). Энергетическая освещенность в ультрафиолетовой области спектра, замеренная прибором ТКА «Хранитель», составляет 250 мВт/м², освещенность в видимой области — 32 клк.

Таблица 1  
Характеристика образцов мраморной бумаги

| №   | Образец                                                                         | Поверхностная обработка | Акриловые краски                                                                    | Добавки к акриловым краскам | Краски для эбру               | Добавки к краскам для эбру |
|-----|---------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|----------------------------|
| 1.1 | Крафт-бумага                                                                    | –                       | –                                                                                   | –                           | –                             | –                          |
| 1.2 | Крафт-бумага                                                                    | квасцы                  | –                                                                                   | –                           | натуральные пигменты (Турция) | вода, желчь                |
| 2.1 | Бумага «Бурано», Favini, Италия (из целлюлозы, окрашенной в массу, желтый цвет) | –                       | –                                                                                   | –                           | –                             | –                          |
| 2.2 | Бумага «Бурано», Favini, Италия (из целлюлозы, окрашенной в массу, желтый цвет) | квасцы                  | художественные «Ладога», АО «Завод художественных красок “Невская палитра”», Россия | вода, желчь, скипидар       | –                             | –                          |
| 3.1 | Бумага двусторонняя, Россия (окрашенная с одной стороны)                        | –                       | –                                                                                   | –                           | –                             | –                          |
| 3.2 | Бумага двусторонняя, Россия (окрашенная с одной стороны)                        | квасцы                  | художественные «Ладога», АО «Завод художественных красок “Невская палитра”», Россия | вода, желчь, скипидар       | –                             | –                          |
| 3.3 | Бумага двусторонняя, Россия (окрашенная с одной стороны)                        | квасцы                  | –                                                                                   | –                           | –                             | –                          |
| 3.4 | Бумага двусторонняя, Россия (окрашенная с одной стороны)                        | квасцы                  | художественные «Ладога», АО «Завод художественных красок “Невская палитра”», Россия | вода, желчь                 | ArtDeco (Турция)              | –                          |
| 4.1 | Бумага форзацная                                                                | –                       | –                                                                                   | –                           | –                             | –                          |
| 4.2 | Бумага форзацная                                                                | квасцы                  | художественные «Ладога», АО «Завод художественных красок “Невская палитра”», Россия | вода, желчь                 | –                             | –                          |
| 5.1 | Бумага офсетная                                                                 | –                       | –                                                                                   | –                           | –                             | –                          |
| 5.2 | Бумага офсетная                                                                 | квасцы                  | –                                                                                   | –                           | –                             | –                          |



Ил. 1. Образцы мраморной бумаги

Измерение оптических характеристик выполняли на двухлучевом спектрофотометре «Elgerpho» с апертурой 6,6 мм, в котором образец подвергается диффузному освещению; измерение отраженного потока проводится под углом 0°. В цветовом пространстве ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ) определяли координаты цвета  $a$  и  $b$  и координату  $L$ , характеризующую светлоту.

Прочность на излом при многократных перегибах измерялась по ГОСТ 13525.1-80 на машине ИЗ-1 при нагрузке 4,9 Н.

Показатель pH водной вытяжки образцов определялся по ГОСТ 12523-77 на pH-метре HANNA.

Состав по волокну бумаги-основы (группы и виды волокон) определяли в соответствии с ГОСТ 7500-85 с использованием реактива Херцберга. Обработкой раствором красителя малахитового зеленого устанавливали наличие волокон небеленой целлюлозы.

Образцы мраморной бумаги (на ил. 1 представлены образцы 1.2, 2.2, 3.2, 3.4 и 4.2) изготовлены в Центре консервации библиотечного фонда Донской государственной публичной библиотеки. Задействована традиционная технология, но с использованием современных акриловых красок. Для сравнения изготовлены образцы с использованием красок эбру. Описание образцов дано в табл. 1, где представлена бумага до обработки и мраморированная, прошедшая обработку квасцами и красками с различными добавками. Если в графе стоит прочерк, то данные вещества не были использованы.

Акриловые краски — это водно-дисперсные краски на основе полиакрилатов (преимущественно полимеров метил-, этил- и бутилакрилатов), а также их сополимеров в качестве пленкообразователей. Художественные акриловые краски «Ладога» представляют собой композиции пигментов и акриловой дисперсии. Они обладают высокой степенью адгезии к различным поверхностям (бумаге, картону, грунтованному холсту, дереву, металлу, коже, цементу). Краски серии «Ладога» содержат органические пигменты, по стойкости не отличающиеся от неорганических, используемых в дорогих акриловых красках. В результате тщательно подобранных соотношений компонентов их цвета аналогичны цветам красок на основе более дорогих кадмиевых и кобальтовых пигментов.

Краски «ArtDeco» для эбру — это готовые к употреблению краски для мраморирования, консистенция которых идеально подобрана и позволяет использовать их без предварительной подготовки. Они производятся на водной основе, не имеют запаха и безопасны, изготавливаются на основе трех основных составляющих: натурального

пигмента, дистиллированной воды и желчи. Главным отличием от любых других красок является то, что они не растворяются в воде, не смешиваются между собой.

Основные пигменты натуральных красок для эбру: — желтый изготавливают из сернистого соединения мышьяка; — синий получают путем добавления лахорской синьки, добытой из корня особого пакистанского растения; — зеленый получают, смешав синий и желтый пигменты; если добавить больше желтого, получится фисташковый оттенок, синего — изумрудный; — черный изготавливают на основе печной сажи; несмотря на кажущуюся простоту, сделать черную краску очень сложно — сажа плохо впитывает воду и постоянно всплывает на поверхность; чтобы предотвратить это, в пигментный раствор добавляют сок сосновой хвои; — белый — натуральные свинцовые белила (основной карбонат свинца); — красный получают из листьев красной капусты, которые содержат высокую концентрацию оксида железа.

### Результаты исследования

Анализ состава волокна показал, что крафт-бумага выполнена из древесной небеленой целлюлозы, «Бурано» и форзацная — из древесной беленой целлюлозы. Двусторонняя и офсетная также изготовлены из древесной беленой целлюлозы, однако в композицию первой входит древесная масса (около 50 %), второй — беленая древесная масса (не более 5 %).

Для характеристики химических изменений образцов использован показатель pH (табл. 2). Кислый pH наблюдается у крафт-бумаги и двусторонней бумаги, в их составе присутствуют соответственно небеленая целлюлоза и древесная масса. Это также связано с технологией проклеивания бумажной массы в кислой среде перед отливом бумаги. У прочих образцов из беленой целлюлозы pH составляет 7,0–8,9, что обеспечивается современной технологией проклеивания с использованием синтетических химических веществ. Их взаимодействие с целлюлозным волокном происходит в нейтральной и щелочной среде. Обработка бумаги квасцами приводит к снижению pH. При нанесении красящих композиций pH заметно возрастает, что придает образцам мраморной бумаги стабильность во времени, так как предотвращает кислотный гидролиз образцов.

У всех образцов наблюдается снижение pH после искусственного старения. В большинстве случаев более низкое значение pH характерно для образцов, подвергнутых

Таблица 2  
Изменение рН бумаги в процессе искусственного старения

| №   | Образец                                     | рН          |                         |                               |
|-----|---------------------------------------------|-------------|-------------------------|-------------------------------|
|     |                                             | До старения | 36 ч светового старения | 12 сут тепловлажного старения |
| 1.1 | Крафт-бумага                                | 5,4         | 5,4                     | 5,1                           |
| 1.2 | Крафт-бумага + краски для эбру              | 7,0         | 7,0                     | 6,2                           |
| 2.1 | Бумага «Бурано»                             | 7,0         | 6,9                     | 6,9                           |
| 2.2 | Бумага «Бурано» + квасцы + акрил            | 8,0         | 7,9                     | 7,8                           |
| 3.1 | Бумага двусторонняя                         | 5,5         | 5,1                     | 4,9                           |
| 3.2 | Бумага двусторонняя + квасцы + акрил        | 6,7         | 6,0                     | 5,8                           |
| 3.3 | Бумага двусторонняя + квасцы                | 4,1         | 3,9                     | 3,9                           |
| 3.4 | Бумага двусторонняя + квасцы + акрил + эбру | 6,2         | 6,4                     | 5,4                           |
| 4.1 | Бумага форзацная                            | 7,0         | 6,8                     | 6,7                           |
| 4.2 | Бумага форзацная + квасцы + акрил           | 7,9         | 7,7                     | 7,1                           |
| 5.1 | Бумага офсетная                             | 8,9         | 8,3                     | 7,0                           |
| 5.2 | Бумага офсетная + квасцы                    | 8,0         | 7,7                     | 7,7                           |

Таблица 3  
Изменение сопротивления излому образцов в процессе искусственного старения

| №   | Образец                              | До старения | 36 ч светового старения | 12 сут тепловлажного старения |
|-----|--------------------------------------|-------------|-------------------------|-------------------------------|
| 2.1 | Бумага «Бурано»                      | 1100        | 700                     | 800                           |
| 2.2 | Бумага «Бурано» + квасцы + акрил     | 1300        | 1100                    | 1200                          |
| 3.1 | Бумага двусторонняя                  | 100         | 180                     | 20                            |
| 3.2 | Бумага двусторонняя + квасцы + акрил | 84          | 86                      | 1                             |
| 3.3 | Бумага двусторонняя + квасцы         | 97          | 70                      | 30                            |
| 4.1 | Бумага форзацная                     | 750         | 880                     | 640                           |
| 4.2 | Бумага форзацная + квасцы + акрил    | 800         | 780                     | 660                           |

тепловлажному старению. Наиболее высокие значения рН имеют бумага «Бурано», форзацная и офсетная, к окончанию старения они находятся в щелочной и близкой к щелочной области.

Для сравнительной оценки влияния красок эбру традиционной технологии мраморирования и современных акриловых красок на механические свойства образцов измерено сопротивление излому (табл. 3). Не обнаружено существенных изменений прочности на излом при поэтапной обработке бумаги (бумага

чистая → бумага + квасцы → бумага + квасцы + краска). Такая картина может быть связана с образованием после мраморирования более жесткой структуры в первом случае и более эластичной во втором. В соответствии с требованиями консервации долговечным считается материал, сохраняющий 50 % прочности на излом после искусственного тепловлажного старения [7, с. 18]. Таким образом, этому соответствуют все образцы бумаги «Бурано» (остаточная прочность 72–92 %) и форзацной (остаточная прочность 82–85 %).

Соппротивление излому исходной двусторонней бумаги снижается до 20 %, обработанной квасцами — до 3 %, квасцами и красками — до 1 %.

Для оценки оптических свойств образцов выбраны различные показатели. Светлота, заданная координатой  $L$  (изменяется от 0 до 100, т. е. от самого темного до самого светлого), хроматическая составляющая, характеризующая цвет образцов и представленная двумя координатами  $a$  и  $b$ . Первая обозначает положение цвета в диапазоне от зеленого до красного, вторая — от синего до желтого. Светлота у обработанных и необработанных образцов снижается незначительно — на 1–2 %.

Для оценки влияния квасцов на бумагу определен коэффициент отражения на примере долговечной бумаги 5 и недолговечной бумаги 3 (ил. 2). В обоих случаях коэффициент отражения снижается, т. е. появляется желтизна. На чистую бумагу 3.1 световое и тепловлажное старение влияет одинаково, но при обработке квасцами более существенное пожелтение возникает после 12-суточного тепловлажного старения. У образцов 5.1 и 5.2 (офсетная бумага) тенденция изменения этого показателя одинакова. Несостаренные образцы не отличаются, у состаренных несколько большее снижение коэффициента отражения возникает после светового старения.

С использованием координат цвета  $a$  и  $b$  рассчитана насыщенность образцов мраморной бумаги до и после искусственного старения (ил. 3), которая определяет долю цветового тона, его глубину [8, с. 146]. Насыщенность незначительно снижается у образца 2.2 на основе бумаги «Бурано», на которую нанесен узор «итальянский венозный». Он образует большие пространства свободной не заполненной красками бумаги. Поэтому снижение насыщенности характерно именно для бумаги. Возрастает насыщенность крафт-бумаги с красками эбру черного цвета, расположенными на бумаге мелкими точками (образец 1.2). В связи с этим на увеличение насыщенности влияют изменения не только краски, но и бумаги. У остальных окрашенных образцов насыщенность либо возрастает на несколько единиц, либо остается на уровне контрольного несостаренного образца.

Определено влияние искусственного старения на возникновение желтизны у образцов мраморной бумаги (ил. 4). Желтизна возрастает у всех образцов, причем у коричневых и желтых красок наблюдаются минимальные изменения, несколько выше эти значения у бордового и сиреневого оттенка и у крафт-бумаги 1.2. В случае образца на бумаге «Бурано», которая имеет желтый оттенок, желтизна снижается, что говорит о некотором выцветании. У голубого и синего образцов (4.2) желтизна не обнаружена, значения показателя находятся в отрицательной области.

Рассчитаны цветовые различия образцов после 4 и 36 часов светового старения и после 12 суток тепловлажного старения (табл. 4) с применением формул CIELAB (ГОСТ Р 52490-2005 (ИСО 7724-3:1984). Колориметрия. Часть 3):

$$\Delta E_{ab}^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2},$$

где:  $\Delta L^* = L_T^* - L_R^*$ ;  $\Delta a^* = a_T^* - a_R^*$ ;  $\Delta b^* = b_T^* - b_R^*$ . Полное цветовое различие  $\Delta E_{ab}^*$  между двумя цветами — это геометрическое расстояние между двумя точками цветового пространства ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ) в системе МКО 1976 г.

Построена кривая взаимосвязи цветовых различий и баллов устойчивости окраски на основании данных ГОСТ ISO 105-A02-2013 «Материалы текстильные. Определение устойчивости окраски. Часть А02.

Серая шкала для оценки изменения окраски». На основании расчетных значений цветовых различий по упомянутой кривой определены баллы устойчивости окраски. Максимальный балл — 5 ед.

Материалы на бумаге относятся к группе средне- и высокочувствительных к свету, освещенность в течение года может составлять от 50 000 до 150 000 люкс-часов в соответствии с ПНСТ 392-2020. «Музейное освещение. Освещение светодиодами. Нормы». Четыре часа светового старения соответствуют нижней границе, 36 часов значительно превышают верхнюю. Считается, что цветовые различия в 1 ед. видимы глазом. Как показано в табл. 4, цветовые различия окрашенных образцов находятся в интервале 0,16–1,04 и имеют высокий балл устойчивости окраски — более 4 ед. К 36 часам очень высокую светостойкость демонстрируют коричневый, желтый и синий образцы — цветовые различия ниже единицы, балл устойчивости более 4 ед. Бордовый и сиреневый образцы — балл устойчивости выше 3 ед. После 12-суточного тепловлажного старения высокий балл устойчивости имеют также голубой и синий образцы — 4,48 и 4,39 ед., коричневый и желтый — 3,6 и 3,2 ед., далее следуют бордовый и сиреневый — 2,8 и 2,6 ед. В случае тепловлажного старения нужно учитывать невысокое качество бумаги-основы, на которую наносили изображение, в частности низкий pH. Очевидно, это оказало влияние на устойчивость красочного слоя.

## Выводы

Нанесение как акриловых красок, так и специальных красок эбру на бумагу, обработанную квасцами, значительно повышает pH со сдвигом в щелочную область, оказывая стабилизирующее действие.

Нанесение красок приводит к незначительному уменьшению сопротивления излому в случае использования долговечной бумаги как основы мраморирования, причем больше при использовании в красящей композиции красок эбру.

Изображения, нанесенные современными акриловыми красками, обладают высокой светостойкостью и не уступают традиционным краскам эбру для мраморирования. Мраморная бумага, изготовленная с использованием этих красок, может быть применена в переплетных работах и как форзацная, и для крытия сторон, в том числе для редких и ценных документов.

## Литература

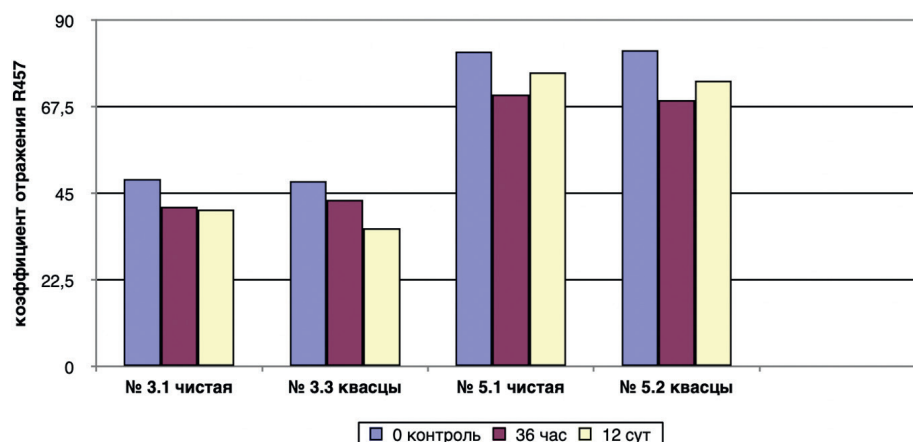
1. Симонов Л. Н. Переплетное мастерство и искусство украшения переплета. Художественные стили, чистка, исправление и хранение книг. СПб.: Тип. Е. Евдокимова, 1897. 497 с.
2. Halfer, J. The Progress of the Marbling Art from Technical Scientific Principles. Buffalo, New York: The American Bookbinder Co, 1894. 240 p.
3. Guyot, D. Turkish Paper-marbling // Guild of Book Workers Journal. 1979–1980. Vol. XVIII, no. 1. P. 1–17.
4. Guyot, D. Suminagashi: An Introduction to Japanese Marbling. Seattle: Brass Galley Press, 1988. 22 p.
5. Adams, C. M. Some Notes on the Art of Marbling Paper in the Seventeenth Century. New York: The New York Public Library, 1947. 11 p.
6. Woolnough, C. W. The Art of Marbling. London: Alexander Heylin, 1853. 80 p.
7. Консервация документов: инструктивно-методические указания. Л.: ГПБ, 1990. 33 с.
8. Пожарский А. О., Сысцев И. А. Возможности определения цветового тона и насыщенности цветов в колориметрической системе CIE L\*a\*b\* 1976 // Омский научный вестник. 2003. № 2. С. 140–146.

Таблица 4

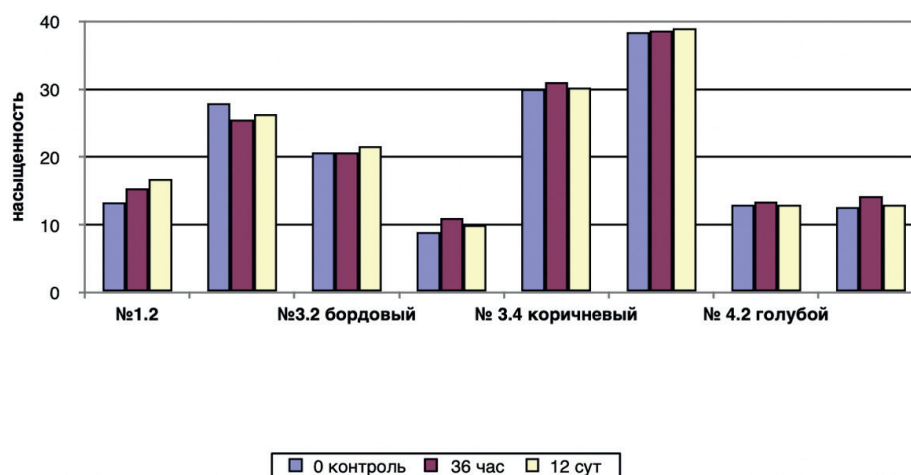
Изменение цветовых различий в процессе искусственного старения

| Образец                                              | 4 ч светового старения |                           | 36 ч светового старения |                           | 12 сут<br>тепловлажного старения |                           |
|------------------------------------------------------|------------------------|---------------------------|-------------------------|---------------------------|----------------------------------|---------------------------|
|                                                      | Цветовое различие      | Балл устойчивости окраски | Цветовое различие       | Балл устойчивости окраски | Цветовое различие                | Балл устойчивости окраски |
| 1. На основе крафт-бумаги                            |                        |                           |                         |                           |                                  |                           |
| 1.2. Лицевая сторона с изображением                  | 1,62                   | 4,10                      | 1,24                    | 4,25                      | 2,59                             | 3,38                      |
| 1.2. Обратная сторона                                | 0,72                   | 4,60                      | 2,39                    | 3,55                      | 1,59                             | 4,05                      |
| 2. На основе бумаги «Бурано»                         |                        |                           |                         |                           |                                  |                           |
| 2.1. Чистая лицевая сторона                          | 1,47                   | 4,15                      | 3,85                    | 2,75                      | 0,36                             | 4,75                      |
| 2.1. Чистая обратная сторона                         | 0,93                   | 4,45                      | 3,17                    | 3,05                      | 0,85                             | 4,5                       |
| 2.2. Лицевая сторона с изображением                  | 1,11                   | 4,30                      | 2,77                    | 3,25                      | 2,12                             | 3,70                      |
| 2.2. Обратная сторона                                | 0,68                   | 4,65                      | 2,35                    | 3,52                      | 1,64                             | 4,12                      |
| 3. На основе двусторонней бумаги                     |                        |                           |                         |                           |                                  |                           |
| 3.1. Чистая лицевая сторона                          | 0,82                   | 4,45                      | 5,84                    | 2,17                      | 4,70                             | 2,45                      |
| 3.1. Чистая обратная сторона                         | 1,05                   | 4,38                      | 1,01                    | 4,40                      | 3,04                             | 3,17                      |
| 3.2. Лицевая сторона с изображением, бордовый цвет   | 0,16                   | 4,95                      | 2,09                    | 3,20                      | 3,57                             | 2,85                      |
| 3.2. Лицевая сторона с изображением, сиреневый цвет  | 0,67                   | 4,64                      | 2,99                    | 3,17                      | 4,23                             | 2,65                      |
| 3.2. Обратная сторона                                | 1,40                   | 4,18                      | 0,76                    | 4,58                      | 1,62                             | 4,10                      |
| 3.3. Чистая с квасцами лицевая сторона               | 0,65                   | 4,66                      | 3,46                    | 3,96                      | 6,40                             | 2,07                      |
| 3.3. Чистая с квасцами обратная сторона              | 1,74                   | 4,28                      | 3,08                    | 3,14                      | 2,77                             | 3,25                      |
| 3.4. Лицевая сторона с изображением, коричневый цвет | 1,04                   | 4,38                      | 0,92                    | 4,45                      | 2,33                             | 3,60                      |
| 3.4. Лицевая сторона с изображением, желтый цвет     | 0,73                   | 4,60                      | 0,59                    | 4,62                      | 2,95                             | 3,20                      |
| 3.4. Обратная сторона                                | 0,63                   | 4,68                      | 0,25                    | 4,82                      | 4,57                             | 2,48                      |
| 4. На основе форзацной бумаги                        |                        |                           |                         |                           |                                  |                           |
| 4.1. Чистая лицевая сторона                          | 0,61                   | 4,70                      | 2,72                    | 3,28                      | 1,48                             | 4,15                      |
| 4.1. Чистая обратная сторона                         | 0,62                   | 4,70                      | 2,58                    | 3,38                      | 1,41                             | 4,18                      |
| 4.2. Лицевая сторона с изображением, голубой цвет    | 0,32                   | 4,80                      | 0,93                    | 4,45                      | 0,89                             | 4,48                      |
| 4.2. Лицевая сторона с изображением, синий цвет      | 0,80                   | 4,50                      | 2,16                    | 3,58                      | 1,03                             | 4,39                      |

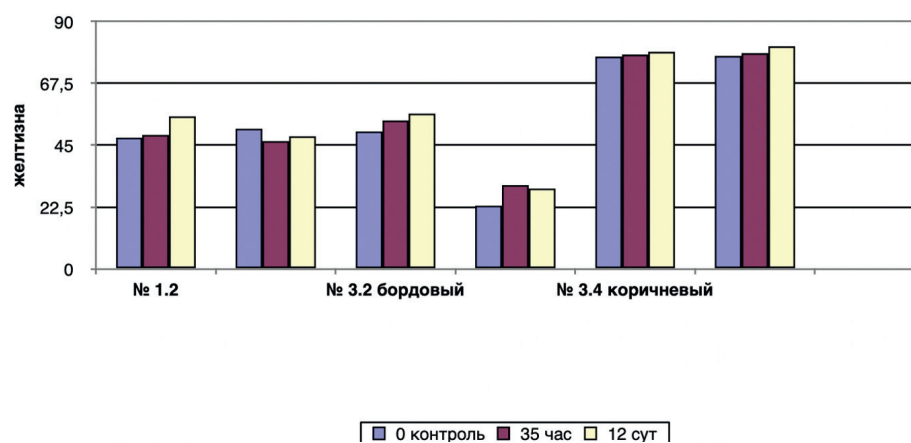
|                                          |      |      |      |      |      |      |
|------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|
| 4.2. Обратная сторона                    | 0,86 | 4,49 | 2,65 | 3,32 | 2,79 | 3,22 |
| 5. На основе офсетной бумаги             |      |      |      |      |      |      |
| 5.1. Чистая лицевая сторона              | 2,16 | 3,56 | 5,97 | 2,15 | 2,87 | 3,20 |
| 5.1. Чистая обратная сторона             | 2,11 | 3,19 | 6,62 | 2,04 | 3,16 | 3,05 |
| 5.2. Бумага с квасцами, лицевая сторона  | 2,81 | 3,25 | 6,90 | 1,96 | 4,16 | 2,68 |
| 5.2. Бумага с квасцами, обратная сторона | 2,46 | 3,55 | 5,57 | 2,22 | 4,51 | 2,58 |



Ил. 2. Изменение коэффициента отражения образцов до и после обработки квасцами после искусственного старения



Ил. 3. Изменение насыщенности тона образцов после искусственного старения



Ил. 4. Изменение желтизны образцов после искусственного старения