

Научная статья

УДК 621.357.7+535.6+745.5

EDN RBIRTC

doi 10.34216/2587-6147-2023-4-62-36-42

Сергей Ильич Галанин¹

Юлия Евгеньевна Сакина²

^{1,2} Костромской государственный университет, г. Кострома, Россия

¹ sgalanin@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5425-348X>

² julfebs@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0000-3662-8279>

ФОРМИРОВАНИЕ ЛОКАЛЬНЫХ ДЕКОРАТИВНЫХ ЗОЛОТЫХ И РОДИЕВЫХ ПОКРЫТИЙ СТИЛОГАЛЬВАНИКОЙ

Аннотация. В статье рассмотрены дизайнерские, декоративные и технологические особенности формирования локальных гальванических покрытий желтым и красным золотом, белым и черным родием с использованием стилогальваники. Экспериментально определены цвета покрытий, формируемых на специально подготовленных поверхностях при различных технологических параметрах. Показана существенная зависимость оттенков цвета покрытий в модели RGB от толщины, свойств поверхности подложки, режимов и технологических особенностей формирования покрытий и последующей их обработки. Показано, что процесс локального нанесения металлических покрытий с помощью стилогальваники по сравнению с гальваническим нанесением покрытий в ваннах более многофакторный, существенно зависит от квалификации оператора, качества подготовки исходной поверхности, последующих операций обработки сформированных покрытий. Толщины формируемых в результате стилогальваники покрытий значительно меньше, чем при традиционном процессе в ваннах, что приводит к значительному влиянию цвета подложки на цвет формируемых покрытий.

Ключевые слова: дизайн ювелирно-художественных изделий, локальные цветные гальванические покрытия, локальное золочение и родирование, стилогальваника, ювелирно-художественное изделие, подложка, модель RGB

Для цитирования: Галанин С. И., Сакина Ю. Е. Формирование локальных декоративных золотых и родиевых покрытий стилогальваникой // Технологии и качество. 2023. № 4(62). С. 36–42. <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2023-4-62-36-42>.

Original article

Sergey I. Galanin¹

Yulia E. Sakina²

^{1,2} Kostroma State University, Kostroma, Russia

FORMATION OF LOCAL DECORATIVE GOLD AND RHODIUM COATINGS BY STYLOGALVANISATION

Abstract. The article deals with design, decorative and technological features of formation of local electroplating coatings with yellow and red gold, white and black rhodium using stylogalvanics. Colours of coatings formed on specially prepared surfaces at different technological parameters are experimentally determined. Significant dependence of colour shades of coatings in RGB model on thickness, properties of the substrate surface, modes and technological features of coating formation and its subsequent processing is shown. It is shown that the process of local deposition of metal coatings by means of stylogalvanics in comparison with galvanic deposition of coatings in baths is more multifactorial, significantly depends on operator's qualification, quality of initial surface preparation, subsequent processing operations of the formed coatings. Thicknesses of the coatings formed as a result of stylogalvanics are much less than in the traditional process in baths, which leads to a significant influence of the substrate colour on the colour of the formed coatings.

Keywords: design of jewellery and art articles, local coloured electroplating coatings, local gilding and rhodium-plating, stylogalvanics, jewellery artwork product, underlay, RGB model

For citation: Galanin S. I., Sakina Yu. E. Formation of local decorative gold and rhodium coatings by stylogalvanisation. *Technologies & Quality*. 2023. No 4(62). P. 36–42. (In Russ.) <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2023-4-62-36-42>.

В дизайне современных ювелирно-художественных изделий часто используются металлы и сплавы, а также металлические гальванические покрытия различных цветов [1–11]. При изготовлении изделий реализация дизайн-разработок часто требует локального нанесения на поверхность металлических покрытий, как правило, золота и родия различных цветов и оттенков. Традиционно данная операция осуществляется в гальванических ваннах при условии нанесения на непокрываемые участки поверхности защитных лаковых покрытий с последующим их удалением. Это требует дополнительных технологических операций, усложняет расчет технологической силы тока.

Альтернативой может являться стилогальваника. Но формируемые при этом покрытия обладают меньшей толщиной, чем при обычном гальваническом нанесении. Для реализации процесса необходим блок питания с повышенным напряжением (25...40 В), специальные электролиты и стилоустройство (гальванокандал) со сменными наконечниками (фиберстержнями), способными удерживать электролит за счет капиллярного эффекта [12]. Форма поверхности под металлические покрытия может быть различной – от простых линий и точек до более сложных узоров и рисунков.

Процесс стилогальваники изучен недостаточно, стабильное получение необходимых цветов покрытий вызывает определенные технологические трудности. В работе сделана попытка исследования технологических особенностей получения локальных гальванических покрытий золотом и родием различных цветов с использованием стилогальваники.

Методика проведения экспериментов.

В качестве образцов использовались пластины из латуни Л63 размером 50×30×1 мм. Площадь поверхности под нанесение покрытия 25 мм². Поверхность образцов шлифовалась наждачной бумагой различной зернистости (P320, P600; P800, P1000), далее полировалась при помощи бормашины войлочными кругами с полировальными пастами фирмы DIALUX (зеленая и голубая). Группа образцов обрабатывалась на пескоструйном оборудовании Dazor PS-AS and blaster под давлением 4,5 кПа. Все образцы промывались в ультразвуковой ванне с мыльным раствором. Перед нанесением покрытий пластины дополнительно полировались в виброгалтовочной установке.

Для получения качественных покрытий родием и золотом насыщенных цветов и предотвращения их последующего потемнения из-за окисления латуни-основы через поры в покрытиях образцы покрывались подслоем серебра. Предварительно образцы обезжиривались в ультразвуковой ванне с использованием щелочного обезжиривающего раствора SGR2USP 40 г/л при температуре 40 °С в течение 5 мин. Затем промывались в проточной воде. Далее электролитически обезжиривались в щелочном растворе SGR1 при напряжении 12 В в течение 1 мин. После промывки образцы погружались в нейтрализующий раствор NEUT1 на 30 с при температуре 20...30 °С. Остатки раствора NEUT1 смывались в деминерализованной воде.

Для получения более качественного и равномерного покрытия серебра на латунных образцах дополнительно осаждался подслоем из палладия. Процесс проводился при плотности тока 2,20 А/дм² продолжительностью 35 с. Это позволило получить поверхность образцов равномерного холодного серого цвета.

Для серебрения использовалась установка, укомплектованная:

- стеклянным стаканом объемом 5 л;
- выпрямителем тока с амперметром и вольтметром с погрешностью ±5 %;
- счетчиком пропущенного количества электричества А·мин;
- таймером;
- серебряным анодом плотностью 10,5 г/см³;
- магнитным фильтрационным насосом с картриджем (5...15 мкм).

Для предотвращения загрязнения электролита органическими соединениями фильтрационные картриджи кипятились и промывались в деминерализованной воде.

Далее рабочая емкость заполнялась наполовину. В ней растворяли 400 г/л цианистого калия и 30 г/л электропроводящей соли AGBRIGHT-S. После растворения солей добавлялись 33 г/л оксида серебра с 50 г/л цианида калия при перемешивании раствора. Все доводилось до конечного объема. В завершении к основному раствору добавлялись осветляющие растворы: 25 мл/л AGBRIGHT-A и 18 мл/л AGBRIGHT-B. Полученный электролит перемешивался.

Процесс серебрения с осветляющей добавкой AGBRIGHT дает наилучший результат при температуре 18...25 °С и плотности тока

2,3 А/дм². Электролиз проводился 2 мин. Пластины поочередно погружались в подготовленный раствор с температурой 20 °С.

Затем образцы вынимались, промывались в трех ваннах улавливания серебра с дистиллированной водой. Просушка производилась тепловым вентилятором при температуре 40 °С.

Гальваническое нанесение локальных покрытий. Эксперимент проводился на глянцевой и отпескоструенной посеребренных пластинах. Использовалась установка Penplatsys LEGOR для местного гальванического покрытия (комплектация: держатель-зажим (крокодил), гальванокарандаш с платиновым контактом, фибер-стержень).

Перед экспериментом пластиковая емкость для электролита промывалась в холодной воде и просушивалась на воздухе. Далее в нее наливался готовый раствор. Фибер-стержень обильно смачивался в электролите. Подготов-

ленная пластина прислонялась одним краем к катоду, затем гальванокарандашом рисовались квадраты 5×10 мм при различных плотностях тока. Плотность тока изменялась с неравномерным шагом для более явного выявления изменения цвета. Использовались следующие электролиты:

- для желтого золочения Gold Plating GR18M;
- для красного золочения WIEL AND Rhodinet teredgold bath Artikel – 3010100402 with 20g Au/I;
- для белого родирования LEGOR Rhodium Pen Plating RH2PS SOLUTION 2G/100ML WHITE COLOR;
- для черного родирования LEGOR Rhodium Pen Plating RH2RB SOLUTION 2G/100ML BLACK COLOR.

Номера образцов и плотности тока, при которых наносились покрытия, представлены в таблицах 1–4.

Т а б л и ц а 1

Номера образцов и плотность тока при желтом золочении

Глянцевая поверхность								
Номер образца	1	2	3	4	5	6	7	8
Плотность тока, А/дм ²	3,0	3,4	3,6	3,9	4,4	4,8	5,1	5,7
Матовая поверхность								
Номер образца	9	10	11	12	13	14	15	16
Плотность тока, А/дм ²	3,0	3,4	3,6	3,9	4,4	4,8	5,1	5,7

Т а б л и ц а 2

Номера образцов и плотность тока при красном золочении

Глянцевая поверхность								
Номер образца	17	18	19	20	21	22	23	24
Плотность тока, А/дм ²	2,5	2,8	3,0	3,2	3,6	3,9	4,4	5,1
Матовая поверхность								
Номер образца	25	26	27	28	29	30	31	32
Плотность тока, А/дм ²	2,5	2,8	3,0	3,2	3,6	3,9	4,4	5,1

Т а б л и ц а 3

Номера образцов и плотность тока при белом родировании

Глянцевая поверхность								
Номер образца	17	18	19	20	21	22	23	24
Плотность тока А/дм ²	8,6	9,2	9,4	9,6	9,9	10,2	10,5	11,0
Матовая поверхность								
Номер образца	25	26	27	28	29	30	31	32
Плотность тока А/дм ²	8,6	9,2	9,4	9,6	9,9	10,2	10,5	11,0

Т а б л и ц а 4

Номера образцов и плотность тока при черном родировании

Глянцевая поверхность								
Номер образца	17	18	19	20	21	22	23	24
Плотность тока А/дм ²	8,1	8,4	9,0	9,2	9,6	9,9	10,3	11,0
Матовая поверхность								
Номер образца	25	26	27	28	29	30	31	32
Плотность тока А/дм ²	8,1	8,4	9,0	9,2	9,6	9,9	10,3	11,0

Далее покрытая пластина промывалась в трех ваннах улавливания при температуре 20 °С и просушивалась при температуре 60 °С тепловым вентилятором.

Для определения цвета поверхность сканировалась. Затем каждый образец помещался в виброгалтовку на 5 мин для получения блеска и выравнивания цвета по поверхности. Далее

пластины промывались в холодной воде и обрабатывались паром при давлении 4,5 бар на установке модели Steam JETE 5004. Просушивались при температуре 60 °С тепловым вентилятором. Затем каждый образец сканировался второй раз.

Исследование колористических характеристик покрытий. Цвет определялся методом прямого сканирования, как наиболее точным и доступным. Экспериментальные образцы, покрытые родием и золотом разных цветов, сканировались при помощи устройства Scanner Canon Pixma G3411, его стандартное разрешение сканирования 600×1200 dpi. В качестве вычислительного устройства использовался ноутбук Acer.

Пластины перед сканированием располагались на белой плотной бумаге для более точного определения оттенка. Полученное изображение сохранялось в памяти компьютера в .jpg формате для последующего анализа.

Далее файл загружался в программу Color Picker Eyedropper. С помощью инструмента Color Picker в отмеченной области образца выбиралась точка. Каждому выбранному пикселу изображения программа выдавала код цветовых моделей HEX и RGB. Для каждого образца делалась выборка из 10 случайных равноудаленных точек. Затем значения цвета в системе RGB заносились в таблицу. По каждому образцу вычислялся средний показатель всей поверхности. Название полученному цвету давала программа Color Hex.

Так как при сканировании пластины засвечивались лампой холодного цвета, то характеристики цвета определялись в условиях холодного освещения.

Результаты экспериментов и их обсуждение. Цветовые характеристики покрытий* в модели RGB для желтого золочения представлены в таблице 5.

Экспериментальные результаты показывают заметные изменения цветовых характеристик покрытия. Желтое золочение по глянцевой поверхности до галтования имеет коричневые, сероватые и охристые оттенки, а после поверхность приобретает блеск, сглаживаются неровности, распределение цвета по поверхности становится более равномерным. Программа Color Hex распознает оттенки уже ближе к желтым, рыжим, золотистым.

































Неравномерное распределение цвета, отчасти скачкообразное, объясняется тем, что объективно и субъективно прижим фибрестержня неравномерен, а также механически отполированная поверхность априори является электрохимически неоднородной. Это приводит к неравномерности локальной плотности тока в каждой точке поверхности. Вследствие этого при низкой локальной плотности тока образуются проплешины в покрытии, а при высокой – прижоги. Последние также возникают из-за повышенного напряжения источника питания.

На неполированной матовой поверхности толщина формируемого покрытия больше, его цвета определяются как желто-оранжевые. Это может быть связано с большей эффективной локальной площадью контакта электролита с поверхностью при обработке.

Цветовые характеристики покрытий в модели RGB для красного золочения представлены в таблице 6.

Т а б л и ц а 5

Цветовые характеристики покрытий в модели RGB. Желтое золочение

Покрытие	Среднее значение цвета			Название цвета	Цвет до галтования	Цвет после галтования	Среднее значение цвета		
	R	G	B				R	G	B
На глянцевой поверхности	155	104	25	Песочный серо-коричневый			254	202	129
	136	89	11	Светлый оливково-коричневый			229	150	55
	128	101	34	Светло-оливковый			229	158	31
	122	77	5	Коричневый			227	151	65
	138	122	73	Светлый серо-оливковый			222	131	48
	127	72	7	Насыщенный желто-коричневый			226	137	45
	153	104	35	Охра коричневая			225	159	46
110	60	0	Коричневый			220	127	49	
На матовой поверхности	125	35		Пастельно-желтый			181	125	31
	138	19		Насыщенный желтый			171	94	26
	161	43		Насыщенный желтый			156	117	30
	110	8		Умеренный оранжевый			210	154	44
	104	11		Рыжий			196	113	16
	135	32		Насыщенный желтый			161	100	19
	93	3		Золотисто-березовый			112	53	8
89	8		Рыжий			149	88	17	

* Полноцветная версия статьи представлена на сайте журнала. URL: <https://tik.ksu.edu.ru>.

Т а б л и ц а 6

Цветовые характеристики покрытий в модели RGB. Красное золочение

Покрытие	Среднее значение цвета в модели RGB			Название цвета	Цвет до галтования	Цвет после галтования	Среднее значение цвета в модели RGB		
	R	G	B				R	G	B
На глянцевой поверхности	149	131	81	Темный желто-коричневый			190	127	56
	168	118	57	Светлый коричневый			193	138	70
	167	118	59	Шамау			173	103	46
	140	117	63	Коричнево-бежевый			175	85	35
	159	107	60	Светло-коричневый			160	66	28
	139	85	49	Терракотовый			173	70	24
	121	71	36	Глиняный коричневый			193	99	46
	113	73	46	Сигнальный коричневый			152	47	15
На матовой поверхности	109	70	29	Медный			153	99	53
	145	100	47	Светлый желто-коричневый			133	92	51
	130	68	30	Оранжево-коричневый			161	102	63
	152	95	45	Коричневато-оранжевый			168	121	73
	204	153	99	Темный красно-оранжевый			160	87	50
	102	72	30	Огненно-красный			135	64	30
	91	41	18	Перламутрово-оранжевый			162	66	30
	60		2	Томатно-красный			143	47	19

Электролит красного золочения при эксплуатации показал наиболее неустойчивые результаты. При его использовании возникает наибольшее количество брака, требующего дополнительной обработки поверхности. Это может быть связано с повышенной скоростью старения электролита по сравнению со всеми остальными или изначально низким его качеством.

Цветовые характеристики покрытий в модели RGB для белого и черного родирования представлены в таблицах 7 и 8.

Из данных таблицы 7 заметно различие оттенков покрытия белым родием на матовой и глянцевой поверхности. Глянцевые пластины отличаются зеленовато-серыми, кварцевыми оттенками, тогда как матовые больше напоминают перламутровые переливы. Таким образом, в системе RGB прослеживается осветление оттенков цветов покрытий белым родием при переходе от глянцевой к матовой поверхности.

Схожая ситуация и с покрытиями черным родием (см. табл. 8). На глянцевых пластинах покрытия определяются коричневыми оттенками, на матовых – переливаются зеленым.

Дополнительные исследования показали, что покрытие черным родием наиболее выигрышно смотрится на желтой подложке из золота, чем на белой, например из серебра или белого родия. Вероятно, это связано с тем, что теплые оттенки цвета подложки придают покрытию контрастности и насыщенности при условии относительно небольшой толщины покрытия. Влияние цвета подложки на цветовые характеристики покрытия до толщин порядка 1 мкм было замечено ранее при золочении поверхности латуни [10, 11].

Визуально покрытия черным родием на матовой поверхности после обработки паром выглядели более однородными и качественными из-за большей формируемой толщины покрытия. На глянцевой поверхности заметны волнообразные разводы, которые можно удалить при помощи дополнительной обработки паром или механически – тальковой или полировочной тряпочкой. Но эти операции могут привести к нарушению однородности слоя или вовсе к его удалению с поверхности из-за его незначительной толщины.

ВЫВОДЫ

Проведенные экспериментальные исследования позволили определить цвета локально формируемых при помощи стилогальваники на специально подготовленных поверхностях покрытий желтым и красным золотом, белым и черным родием при различных технологических параметрах.

Показана существенная зависимость оттенков цвета покрытий в модели RGB от толщины, свойств поверхности подложки, режимов и технологических особенностей формирования покрытий и последующей их обработки.

Результат процесса локального нанесения металлических покрытий с помощью стилогальваники по сравнению с гальваническим нанесением покрытий в ваннах является более многофакторным, существенно зависит от квалификации оператора, качества подготовки исходной поверхности, последующих операций обработки сформированных покрытий. Кроме того, толщины формируемых в результате стилогальваники покрытий значительно меньше,

чем при традиционном процессе в ваннах, что приводит к значительному влиянию цвета подложки на цвет формируемых покрытий.

К недостаткам стилогальваники также можно отнести достаточно быстрое загрязнение электролита, необходимость его постоянной очистки и фильтрации, необходимость работы при повышенном напряжении источника питания по

причине высокого локального омического сопротивления межэлектродного промежутка.

Отмеченные особенности необходимо учитывать при разработке технологических процессов локального формирования гальванических покрытий с использованием стилогальваники, особенно с целью воспроизведения разработанного дизайна в конкретных ювелирно-художественных изделиях.

Т а б л и ц а 7

Цветовые характеристики покрытий в модели RGB. Белое родирование

Покрытие	Среднее значение цвета в модели RGB			Название цвета	Цвет до галтования	Цвет после галтования	Среднее значение цвета в модели RGB		
	R	G	B				R	G	B
На глянцевой поверхности	151	146	144	Серый Крайола			152	146	134
	167	162	159	Бело-алюминиевый			148	144	135
	174	169	165	Бело-алюминиевый			117	114	105
	155	148	146	Серый Крайола			111	112	107
	182	181	176	Агатый серый			145	138	132
	133	131	127	Перламутровый мышино-серый			120	115	111
	129	127	123	Перламутровый мышино-серый			110	106	103
На матовой поверхности	144	144	144	Телегей			101	101	93
	135	128	122	Кварцевый			143	128	121
	128	119	110	Кварцевый			132	122	113
	130	121	112	Зеленовато-серый			143	134	127
	117	112	106	Серый бетон			142	139	134
	144	139	133	Серый Крайола			143	134	129
	134	131	124	Синеvато-серый			134	124	114
	123	122	117	Кварцевый серый			119	115	107
104	104	96	Кварцевый			108	105	97	

Т а б л и ц а 8

Цветовые характеристики покрытий в модели RGB. Черное родирование

Покрытие	Среднее значение цвета в модели RGB			Название цвета	Цвет до галтования	Цвет после галтования	Среднее значение цвета в модели RGB		
	R	G	B				R	G	B
На глянцевой поверхности	69	67	54	Серый оливковый			88	85	80
	65	68	49	Оливково-зеленый			84	73	53
	42	47	23	Хромовый зеленый			69	64	45
	41	39	23	Темный серо-оливковый			91	84	66
	50	45	25	Темный серо-оливковый			80	79	61
	48	51	32	Хромовый зеленый			25	26	12
	36	38	24	Темный серо-оливково-зеленый			61	61	61
	14	15	7	Коричневато-черный			77	78	73
На матовой поверхности	91	107	97	Темный синеvато-черный			72	72	72
	74	86	76	Оливковый серый			47	47	47
	54	56	53	Желто-оливковый			59	59	59
	4	7	0	Перламутрово-бежевый			36	36	36
	100	109	106	Коричневый серый			58	58	58
	43	48	44	Темный оливково-зеленый			39	39	39
	77	79	78	Серый коричневый			34	34	34
	54	60	58	Брезентово-серый			24	24	24

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Галанин С. И., Баринаова Л. Е., Колупаев К. Н. Создание ювелирных изделий-трансформеров из металлов различных цветов со сложной фактурой поверхности // Дизайн. Теория и практика. 2014. Вып. 17. С. 22–35. URL: <https://elibrary.ru> (дата обращения: 22.08.2023).
2. Галанин С. И. Декорирование поверхности ювелирных изделий // Труды Академии технической эстетики и дизайна. 2018. № 2. С. 5–6.
3. Галанин С. И., Колупаев К. Н. Особенности создания современных ювелирно-художественных изделий : монография. Кострома : Костромской государственной университет, 2023. 173 с. 1 CD-ROM.

4. Галанин С. И., Ляпина А. С., Колупаев К. Н. Выбор цветовых характеристик ювелирных изделий и бижутерии при проектировании // Известия высших учебных заведений. Технология легкой промышленности. 2019. Т. 39, № 2. С. 108–113.
5. Галанин С. И., Ляпина А. С. Колористические характеристики ряда цветных металлов и сплавов для ювелирных изделий и бижутерии // Технологии и качество. 2017. № 2(38). С. 29–35.
6. Галанин С. И., Ляпина А. С. Исследование колористических характеристик недрагоценных металлов и сплавов для ювелирных изделий и бижутерии // Технологии и качество. 2018. № 1(39). С. 17–24.
7. Галанин С. И., Ляпина А. С., Колупаев К. Н. Цветовые характеристики драгоценных ювелирных сплавов // Труды Академии технической эстетики и дизайна. 2019. № 2. С. 5–12.
8. Галанин С. И., Колупаев К. Н., Лебедева Т. В. Цветовой дизайн ювелирно-художественных изделий: проблемы и решения // Технологии и качество. 2023. № 2(60). С. 36–42.
9. Галанин С. И., Собельман Е. Д., Колупаев К. Н. Исследование декоративных свойств цветных гальванических покрытий на поверхности серебра // Дизайн. Теория и практика. 2010. Вып. 5. С. 16–30. URL: <https://elibrary.ru> (дата обращения: 22.05.2023).
10. Декоративные свойства цветных золотых гальванических покрытий / С. И. Галанин, Л. А. Колодий-Тяжов, М. Г. Егорова, В. А. Березовский // Дизайн. Материалы. Технология. 2017. № 4(48). С. 30–34.
11. Галанин С. И., Колодий-Тяжов Л. А., Бушнева Е. А. Защитно-декоративные свойства цветных золотых гальванических покрытий // Практика противокоррозионной защиты. 2018. № 1(87). С. 54–62.
12. Галанин С. И., Арнольди Н. М., Зезин Р. Б. Технология ювелирного производства / под общ. ред. Ю. А. Василенко. М.: СПМ-Индустрия, 2017. 511 с.

REFERENCES

1. Galanin S. I., Barinova L. E., Kolupaev K. N. Creation of jewels-transformers from metals of various colors with a complex surface texture. *Dizajn. Teoriya i praktika* [Design. Theory and practice]. 2014;17:22–35. URL: <https://elibrary.ru> (Accessed 22.08.2023). (In Russ.)
2. Galanin S. I. Decoration of jewelry surface. *Trudy Akademii tekhnicheskoy estetiki i dizajna* [Proceedings of the Academy of Technical Aesthetics and Design]. 2018;2:5–6. (In Russ.)
3. Galanin S. I., Kolupaev K. N. Features of the creation of modern jewelry and art products. Kostroma, Kostrom. St. Univ. Publ., 2023. 173 p. 1 CD ROM (In Russ.)
4. Galanin S. I., Lyapina A. S., Kolupaev K. N. Selection of color characteristics of jewelry products and bijouterie during the design. *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Tekhnologiya lyogkoj promyshlennosti* [Proceedings of higher educational institutions. Light industry technology]. 2019;39,2:108–113. (In Russ.)
5. Galanin S. I., Lyapina A. S. Coloring characteristics of a number of nonferrous metals and alloys for jewellery and costume jewellery. *Tekhnologii i kachestvo* [Technologies & Quality]. 2017;2(38):29–35. (In Russ.)
6. Galanin S. I., Lyapina A. S. Research of coloristic characteristics of nonferrous metals and alloys for jewellery and costume jewellery. *Tekhnologii i kachestvo* [Technologies & Quality]. 2018;1(39):17–24. (In Russ.)
7. Galanin S. I., Lyapina A. S., Kolupaev K. N. Color characteristics of precious jeweler alloys. *Trudy Akademii tekhnicheskoy estetiki i dizajna* [Proceedings of the Academy of Technical Aesthetics and Design]. 2019;2:5–12. (In Russ.)
8. Galanin S. I., Kolupaev K. N., Lebedeva T. V. Color design of jewelry and art products: problems and solutions. *Tekhnologii i kachestvo* [Technologies & Quality]. 2023;2(60):36–42. (In Russ.)
9. Galanin S. I., Sobelman E. D., Kolupaev K. N. Investigation of the decorative properties of colored electroplated coatings on the surface of silver. *Dizajn. Teoriya i praktika* [Design. Theory and practice]. 2010;5:16–30. URL: <https://elibrary.ru> (Accessed 22.05.2023). (In Russ.)
10. Galanin S. I., Kolodij-Tyazhov L. A., Egorova M. G., Berезovsky V. A. Decorative properties of colored gold electroplated coatings. *Dizajn. Materialy. Tekhnologiya* [Design. Materials. Technology]. 2017;4(48):30–34. (In Russ.)
11. Galanin S. I., Kolodij-Tyazhov L. A., Bushnevskaya E. V. Protective and decorative properties of colored gold electroplated coatings. *Praktika protivokorroziionnoj zashchity* [Practice corrosion protection]. 2018;1(87):54–62. (In Russ.)
12. Galanin S. I., Arnoldi N. M., Zezin R. B., Vasilenko Yu. A. (ed.). Jewelry Manufacturing Technology. Moscow, SPM-Industriya Publ., 2017. 511 p. (In Russ.)

Статья поступила в редакцию 26.08.2023
Принята к публикации 22.11.2023