

Научная статья

УДК 671.1+673

EDN GKWHHW

<https://doi.org/10.34216/2587-6147-2025-4-70-59-65>

Сергей Ильич Галанин¹

Артём Алексеевич Романов²

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

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

² romanovart777@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-3744-3740>

НЕТРАДИЦИОННЫЕ ДЕКОРАТИВНЫЕ НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИЕ ПОКРЫТИЯ ЮВЕЛИРНЫХ ИЗДЕЛИЙ И БИЖУТЕРИИ

Аннотация. Рассмотрены нетрадиционные декоративные неметаллические покрытия на традиционных и нетрадиционных металлах и сплавах, используемые при изготовлении ювелирных украшений и бижутерии. К нетрадиционным отнесены, во-первых, декоративные покрытия, которые стали широко применяться при изготовлении ювелирных изделий и бижутерии в последние десятилетия, во-вторых, традиционные покрытия, технология формирования и декоративные свойства которых в последнее время подверглись существенной модернизации. Рассмотрены конверсионные покрытия на поверхности серебра, алюминия, титана, ниобия, неметаллические напыленные покрытия на поверхности вольфрама, кобальта, молибдена и ряда их сплавов, технология их формирования или нанесения. Показано, что рассмотренные покрытия отличаются высоким дизайнерским потенциалом и достаточно технологичны. Приведены примеры украшений с использованием разнообразных покрытий, обладающих богатой цветовой гаммой.

Ключевые слова: нетрадиционные декоративные неметаллические покрытия, ювелирные изделия и бижутерия, традиционные и нетрадиционные металлы и сплавы, цветовые свойства покрытий, механические и антикоррозионные свойства покрытий, технология формирования конверсионных покрытий, технология напыления неметаллических покрытий, дизайн

Для цитирования: Галанин С. И., Романов А. А. Нетрадиционные декоративные неметаллические покрытия ювелирных изделий и бижутерии // Технологии и качество. 2025. № 4(70). С. 59–65. <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2025-4-70-59-65>.

Original article

Sergey I. Galanin¹

Artem A. Romanov²

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

NON-TRADITIONAL DECORATIVE NON-METALLIC COATINGS FOR JEWELLERY AND COSTUME JEWELLERY

Abstract. Non-traditional decorative non-metallic coatings on traditional and non-traditional metals and alloys used in the manufacture of jewellery and costume jewellery are considered. The non-traditional ones include, firstly, decorative coatings, which have been widely used in the manufacture of jewellery and costume jewellery in the recent decades, and secondly, traditional coatings, the technology of forming and decorative properties of which have recently undergone significant modernisation. Conversion coatings on the surfaces of silver, aluminum, titanium, niobium, non-metallic sprayed coatings on the surfaces of tungsten, cobalt, molybdenum and a number of their alloys, the technology of their formation or application are considered. It is shown that the considered coatings are characterised by high design potential and are

quite techno-technological. Examples of decorations with the use of various coatings with a rich colour range are given.

Keywords: *non-traditional decorative non-metallic coatings, jewellery and costume jewellery, traditional and non-traditional metals and alloys, colour properties of coatings, mechanical and anticorrosive properties of coatings; conversion coatings formation technology, technology of spraying non-metallic coatings, design*

For citation: Galanin S. I., Romanov A. A. Non-traditional decorative non-metallic coatings for jewellery and costume jewellery. *Technologies & Quality*. 2025. No 4(70). P. 59–65. (In Russ.) <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2025-4-70-59-65>.

В последние годы существенно расширился ассортимент украшений с использованием нетрадиционных металлов – титана, алюминия, ниобия, молибдена, кобальта, вольфрама. Первые три металла обладают свойствами, позволяющими формировать на их поверхности разнообразные конверсионные покрытия, характеризующиеся привлекательными и необычными декоративными качествами. Все эти металлы, кроме алюминия, при этом обладают и высокой гипоаллергенностью. Из традиционных металлов конверсионные покрытия можно формировать на поверхности серебра, меди и сплавов на их основе. Широкая цветовая гамма конверсионных покрытий позволяет современным дизайнерам ювелирных изделий и бижутерии (ЮИиБ) решать многие художественные задачи значительно более простыми и дешевыми приемами по сравнению с ранее используемыми [1–25].

Поверхности украшений из ряда тугоплавких металлов – молибдена, кобальта, вольфрама и их сплавов обладают благородным и привлекательным стальным цветом. Конверсионные покрытия на них при изготовлении украшений не формируют, зато часто наносят весьма экзотические цветные неметаллические покрытия в виде различных соединений металлов напылением в газовой среде [26, 27].

Нетрадиционные декоративные покрытия и материалы. Нами проанализирована номенклатура декоративных покрытий на различных материалах, применяемых при изготовлении ЮИиБ [1–25]. Нетрадиционными будем считать, во-первых, декоративные покрытия, которые стали широко применяться при изготовлении ЮИиБ в последние десятилетия, а во-вторых, традиционные покрытия, технология формирования и декоративные свойства которых в последнее время подверглись существенной модернизации [24, 25]. К нетрадиционным материалам и элементам в ювелирных украшениях будем относить те, применение которых по разным причинам ограничено; к нестандартным – материалы и элементы, кото-

рые никогда не относились и не относятся к ювелирным [28].

К нетрадиционным неметаллическим покрытиям на поверхности металлических ЮИиБ можно отнести:

- 1) цветные конверсионные покрытия на поверхности серебра и сплавов на его основе [11, 13, 15, 16, 29], хотя в настоящее время предприятия в подавляющем большинстве выпускают украшения из серебра с чернением, выполненным по традиционной технологии (рис. 1, а);
- 2) цветные конверсионные покрытия на поверхности титана и сплавов на его основе [20, 21] (рис. 1, б), а также ниобия (рис. 1, в);
- 3) окрашенные оксидные покрытия на поверхности алюминия и сплавов на его основе применительно к ювелирным украшениям [6] (рис. 1, г);
- 4) окрашенные оксидные покрытия с переходом цвета и градацией интенсивности окраски применительно к бижутерии [22, 23] (рис. 1, д);
- 5) напыленные цветные покрытия на таких нетрадиционных металлах, как вольфрам, кобальт, молибден [26, 27] (рис. 1, е, ж).

Первые покрытия могут формироваться электрохимическим, химическим способами, а чернение дополнительно и при использовании обжиговых паст. Вторые – электрохимическим, химическим или термическим способами. Третьи и четвертые – электрохимическим способом с последующим окрашиванием водо- или спирторастворимыми красителями. Пятые – напылением в газовой среде при высоких температурах.

Цветные конверсионные покрытия на поверхности серебра

Проведенные ранее исследования показали возможность химического формирования цветных конверсионных покрытий на поверхности серебра 925 пробы в водном электролите следующего состава: гипосульфит натрия $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \times 5\text{H}_2\text{O}$ – 220...240 г/л; лимонная кислота $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$ – 25...30 г/л; уксуснокислый свинец $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \times 3\text{H}_2\text{O}$ – 20...25 г/л. При различной продолжительности обработки формирует-

ся покрытие чередующихся цветов (рис. 2). Повышение температуры электролита ускоряет процесс [11].

Для повышения долговечности пленок их рекомендуется покрывать бесцветным цапон-лаком. Оттенки цветов зависят от шероховатости поверхности и от тепловой температуры освещения.

В последнее время в связи с популярностью стиля авангард в ЮИиБ, который, в частности, характеризуется яркой разнообразной цветовой гаммой, такая технология формирования цветных покрытий становится более востребованной. Однако альтернативу ей составляет нанесение различных полимерных покрытий, получившее широкое распространение в последние годы.



Рис. 1. Украшения с нетрадиционными неметаллическими покрытиями:

- а* – кольцо из черненого серебра 925 пробы с фианитами от *Sokolov*;
- б* – кольцо из анодированного титана с бриллиантами от *Wallace Chan*;
- в* – украшения из анодированного ниобия для пирсинга;
- г* – брошь-цветок из алюминия с сапфирами и бриллиантами от *Hemmerle*;
- д* – серьги со сменными оксидированными алюминиевыми пластинами, декорированными адсорбционным окрашиванием [22];
- е, ж* – кольца из карбида вольфрама американского бренда *American Tungsten* с напылением «хамелеон» из оксида титана (*е*) и нитрида титана – алюминия (*ж*) [26] (изображения из открытых источников)

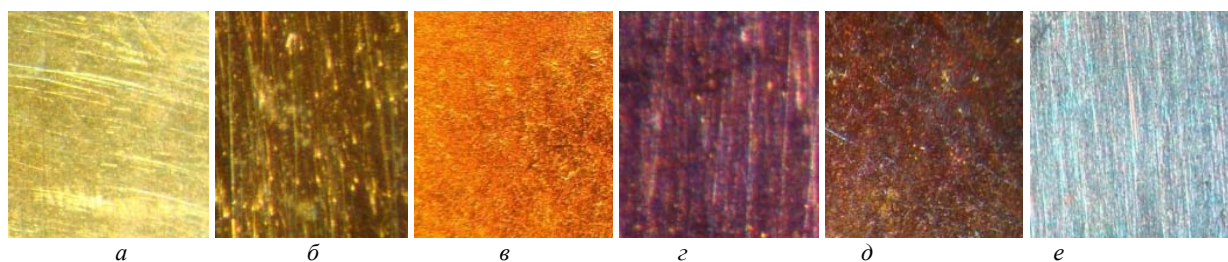


Рис. 2. Цветные конверсионные пленки на серебре*:

- а* – лимонно-желтый; *б* – желто-оранжевый; *в* – оранжево-малиновый;
- г* – малиновый; *д* – фиолетовый; *е* – голубой

Цветные конверсионные покрытия на поверхности титана и ниобия

Титан в ЮИиБ стал широко использоваться несколько лет назад, хотя многие ювелирные бренды и мастера с успехом применяют этот легкий металл на протяжении многих десятилетий, например *JAR* и *WallaceChan* [6, 18, 19]. На поверхности титана относительно легко

формируются оксидные пленки широкой цветовой гаммы, поэтому этот факт часто используется дизайнерами при создании современных украшений [6, 20, 21].

Ниобий менее распространенный материал в ЮИиБ. Он дороже титана, более тугоплавкий, однако, весьма пластичен, легко сваривается, и анодные пленки на его поверхности обладают более ярким и насыщенным цветом по сравнению с пленками на поверхности титана.

* Полноцветная версия представлена на сайте. URL: <https://tik.kosgoss.ru>.

Окрашенные оксидные покрытия на поверхности алюминия в ювелирных украшениях

Использование алюминия в совокупности с драгоценными металлами и сплавами позволяет принципиально облегчить вес крупногабаритных украшений, использовать окрашенные поверхности больших площадей, создание которых малозатратно и технологически не сложно (рис. 1, з) [6]. Кроме того, применение нетривиальных материалов и покрытий находится в тренде современной моды.

Окрашенные оксидные покрытия с переходом цвета и градиацией интенсивности окраски в бижутерии

Использование цветовых эффектов на поверхности окрашенного алюминия характерно в основном для бижутерии, при создании кото-

рой в настоящее время фантазия дизайнеров ничем не ограничивается [30].

На рисунке 3 представлены варианты окраски оксидных покрытий на алюминии, сформированных в результате электролиза в водном растворе 20 % концентрированной серной кислоты H_2SO_4 . Окрашивание происходит за счет адсорбции молекул красителя в порах оксидного слоя. Интенсивность окраски можно уменьшать при помощи ее частичного или полного обесцвечивания в отбеливающих растворах [22, 23].

Такие сложные переходы цветов с различной интенсивностью, любые рисунки на оксидированной поверхности позволяют проектировщику современной бижутерии создавать изделия уникального дизайна.

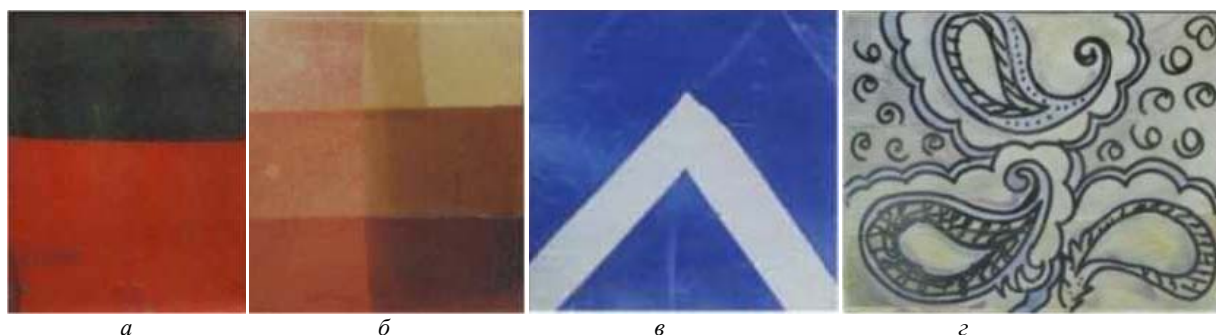


Рис. 3. Окрашенные электрохимически сформированные оксидные покрытия с использованием различных технологических приемов на поверхности алюминия:

*а, б, в – водорастворимыми красителями с использованием защитных масок;
г – спирторастворимыми красками (фломастерами) [22, 23]*

Напыленные цветные покрытия на вольфраме, кобальте, молибдене

Вследствие хрупкости, украшения изготавливаются не из чистого вольфрама, а его карбида методом порошковой металлургии, т. е. изделия спекают из порошка при повышенном давлении и температуре. Это соединение обладает повышенной твердостью и износостойкостью, так как в виде порошка используется в качестве абразива. Он устойчив к окислению и к коррозии.

Также для производства изделий используется кобальт и сплав кобальт – хром. Блеск (его отражательная способность составляет 65 %) отполированного кобальта значительно выше, чем у традиционных металлов. По цвету кобальт близок к платине или белому золоту, кроме того, он устойчив к окислению и гипохлоритам.

Поверхности молибдена, вольфрама и их сплавов обладают серыми оттенками, хотя и весьма привлекательного, «благородного» вида. Поэтому при изготовлении украшений их могут улучшать цветными покрытиями, форми-

руемыми напылением. Эти покрытия заимствованы из промышленности, где их используют для упрочнения кромок режущего инструмента из-за их высокой твердости и износостойкости. Цвета этих покрытий не очень разнообразны: нитрид титана TiN – золотой, карбонитрид циркония $ZrCN$ – бледно-золотой, нитрид циркония ZrN – цвет белого золота, карбо-нитрид титана $TiCN$ – серо-голубой, нитрид титана – алюминия $AlTiN$ – темно-фиолетовый, оксид титана TiO – «хамелеон» (см. рис. 1, е, ж) [26].

Заключение. При использовании нетрадиционных конверсионных и неметаллических покрытий на поверхности традиционных и нетрадиционных металлов при изготовлении ювелирных изделий и бижутерии можно обеспечить значительный диапазон цветов и добиться привлекательного и необычного дизайна украшений. Современные украшения отличаются постоянно расширяющимся ассортиментом используемых материалов и покрытий, что позволяет дизайнерам решать новые, ранее недоступные задачи, значительно расширяя горизонт их творчества.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Галанин С. И., Арнольди Н. М., Зезин Р. Б. Технология ювелирного производства : учеб. пособие / под общ. ред. Ю. А. Василенко. М. : СПМ-Индустрия, 2017. 511 с.
2. Галанин С. И., Лебедева Т. В. Защитно-декоративные покрытия в ювелирном производстве : учеб. пособие. Кострома : Изд-во Костром. гос. технол. ун-та, 2014. 150 с.
3. Галанин С. И. Декорирование поверхности ювелирных изделий // Труды академии технической эстетики и дизайна. 2018. № 2. С. 5–6.
4. Галанин С. И. Ювелирно-художественные технологии: декоративная электрохимическая и химическая обработка поверхности металлов и сплавов // Мир гальваники. 2017. № 4(38). С. 45–51.
5. 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.
6. Галанин С. И., Колупаев К. Н. Особенности создания современных ювелирно-художественных изделий : монография. Кострома : Костромской государственный университет, 2023. 173 с. 1 CD-ROM.
7. Галанин С. И., Шорохов С. А. Декоративная электрохимическая обработка поверхности металлов и сплавов : монография. Кострома : Изд-во Костром. гос. технол. ун-та, 2015. 151 с.
8. Галанин С. И. Декоративная электрохимическая и химическая обработка поверхности ювелирно-художественных сплавов // Научный вестник КГТУ. 2014. № 2. С. 3. URL: <https://web.archive.org/web/20170624104035/http://vestnik.kstu.edu.ru> (дата обращения: 02.02.2025).
9. Галанин С. И., Висковатый И. С., Гладий Ю. П. Декоративное электро-химическое анодирование поверхности сплава серебра 925 пробы // Технология художественной обработки материалов : сб. тр. XVIII Всерос. науч.-практ. конф. и смотра-конкурса творческих работ студентов, аспирантов и преподавателей / Костромской гос. технол. ун-т ; под ред. С. И. Галанина. Кострома, 2015. С. 56–65.
10. Grishina E. P., Galanin S. I., Ivanova O. A. Fundamental aspects of film formation in electrochemical polishing of silver and silver-copper alloys in thiosulfate solutions // Russian Journal of Applied Chemistry. 2004. Vol. 77, no 8. P. 1283–1286.
11. Галанин С. И., Галамий Ю. В. Исследование формирования цветных конверсионных плёнок на поверхности серебра // Дизайн. Теория и практика. 2010. № 5. С. 86–99.
12. Галанин С. И., Висковатый И. С. Оксидирование и чернение ювелирных изделий из серебра // Труды Академии технической эстетики и дизайна. 2017. № 1. С. 20–28.
13. Галанин С. И., Висковатый И. С. Формирование конверсионных декоративных покрытий на серебре 925 пробы с использованием импульсных токов // Практика противокоррозионной защиты. 2016. № 4(82). С. 45–51.
14. Галанин С. И., Висковатый И. С. Оксидирование поверхности фурнитуры швейных изделий // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2016. № 5(365). С. 175–185.
15. Галанин С. И., Висковатый И. С. Особенности процесса электрохимического декорирования поверхности серебра // Известия Томского политехнического университета [Известия ТПУ]. Инжиниринг георесурсов. 2016. Т. 327, № 3. С. 75–86.
16. Галанин С. И., Висковатый И. С. Электрохимическое формирование декоративных пленок на поверхности серебра 925 пробы // Дизайн. Материалы. Технология. 2015. № 4(39). С. 56–60.
17. Галанин С. И., Висковатый И. С. Декоративное электрохимическое фактурирование поверхности серебра 925 пробы // GAUDEAMUS IGITUR. 2015. № 1. С. 11–13.
18. Галанин С. И., Колупаев К. Н. Титан в ювелирных украшениях и бижутерии // Технологии и качество. 2022. № 1(55). С. 59–64.
19. Галанин С. И. Титан и украшения из титана // Ювелиртех. Ювелирные технологии для профессионалов. Журнал-каталог. Октябрь 2021 – январь 2022 г. // jewellertech.ru. URL: magview.uelir.info/dKSofjFy4/4 (дата обращения: 12.12.2024).
20. Галанин С. И. Ювелирно-художественные технологии: декоративная электрохимическая обработка поверхности титана // Мир гальваники. 2018. № 1(39). С. 20–28.
21. Декоративное анодирование поверхности титана / С. И. Галанин, Т. В. Лебедева, Дм. М. Юсупов, Д. М. Юсупов // Технологии и качество. 2023. № 4(62). С. 24–30.
22. Галанин С. И., Соколова Л. А. Ювелирные украшения из алюминия с декорированной поверхностью // Научный вестник КГТУ. 2015. № 2. С. 1–11. URL: <https://web.archive.org/web/20170624104035/http://vestnik.kstu.edu.ru> (дата обращения: 02.02.2025).

23. Галанин С. И., Соколова Л. А. Декорирование поверхности алюминия окрашиванием конверсионных покрытий // Дизайн. Теория и практика. 2015. Вып. 21. С. 34–43.
24. Галанин С. И., Романов А. А. Традиционные и нетрадиционные декоративные покрытия ювелирных изделий и бижутерии // Технологии и качество. 2024. № 3(65). С. 53–59.
25. Галанин С. И., Романов А. А. Нетрадиционные декоративные гальванические металлические покрытия ювелирных изделий и бижутерии // Технологии и качество. 2025. № 1(67). С. 59–64.
26. Щапова Т. С драгоценных на тугоплавкие: неювелирные металлы в ювелирных украшениях // Навигатор ювелирной торговли. 2020. № 4(193). С. 64–70.
27. Украшения из вольфрама: преимущества и недостатки. URL: <https://jewellerymag.ru/p/tungsten-carbide-jewellery> (дата обращения: 12.12.2024).
28. Галанин С. И., Романов А. А. Нетрадиционные и нестандартные материалы в ювелирных украшениях: история и современность // Технологии и качество. 2024. № 1(63). С. 45–51.
29. Галанин С. И., Колупаев К. Н. Дизайн, материалы и технология изготовления современных ювелирно-художественных изделий. Кострома : Костром. гос. технол. ун-т, 2014. 183 с.
30. Галанин С. И., Романов А. А. Украшения с нетрадиционными и нестандартными материалами: стоимость и дизайн // Дизайн и технологии. 2023. № 98(140). С. 6–14.

REFERENCES

1. 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.)
2. Galanin S. I., Lebedeva T. V. Protective and decorative coverings in jewelry production. Kostroma, Kostroma St. Technol. Univ. Publ., 2014. 138 p. (In Russ.)
3. Galanin S. I. Decoration of jewelery surface. *Trudy Akademii tekhnicheskoy estetiki i dizajna* [Proceedings of the Academy of Technical Aesthetics and Design]. 2018;2:5–6. (In Russ.)
4. Galanin S. I. Jewelry and art technologies: decorative electrochemical and chemical surface treatment of metals and alloys. *Mir galvaniki* [The world of electroplating]. 2017;4(38):45–51. (In Russ.)
5. 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.)
6. Galanin S. I., Kolupaev K. N. Features of the creation of modern jewelry and art products. Kostroma, Kostroma St. Univ. Publ., 2023. 173 p. 1 CD ROM. (In Russ.)
7. Galanin S. I., Shorokhov S. A. Decorative electrochemical treatment of metals and alloys. Kostroma, Kostroma St. Technol. Univ. Publ., 2015. 151 p. (In Russ.)
8. Galanin S. I. Decorative electrochemical and chemical surface treatment of jewelry-artistic alloys. *Nauchnyy vestnik KGTU* [Scientific Bulletin of KSTU]. 2014;2:3. URL: <https://web.archive.org/web/20170624104035/http://vestnik.kstu.edu.ru> (дата обращения: 02.02.2025). (In Russ.)
9. Galanin S. I., Viskovatyi I. S., Gladiy Yu. P. Decorative electrochemical anodizing of the surface of silver alloy of 925 sample. Proceedings of the XVIII All-Russian Scientific and Practical Conference and Review-Competition of creative works of students, graduate students and teachers in the direction of TChOM. Kostroma, Kostroma St. Technol. Univ., 2015. P. 56–65. (In Russ.)
10. Grishina E. P., Galanin S. I., Ivanova O. A. Fundamental aspects of film formation in electrochemical polishing of silver and silver-copper alloys in thiosulfate solutions // Russian Journal of Applied Chemistry. 2004;77,8:1283–1286.
11. Galanin S. I., Galamiy J. V. Research of forming color conversion films on the silver surface. *Dizajn. Teoriya i praktika* [Design. Theory and practice]. 2010;5:86–99. (In Russ.)
12. Galanin S. I., Viskovatyi I. S. Oxidation and blackening of silver jewelry. *Trudy Akademii tekhnicheskoy estetiki i dizajna* [Proceedings of the Academy of technical aesthetics and design]. 2017;1:20–28. (In Russ.)
13. Galanin S. I., Viskovatyi I. S. Formation of conversion decorative coatings on sterling silver using pulse currents. *Praktika protivokorroziionnoj zashchity* [Practice of anticorrosion protection]. 2016;4(82):45–51. (In Russ.)
14. Galanin S. I., Viskovatyi I. S. Oxidization of the surface of sewing accessories. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii. Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti* [Proceedings of Higher Educational Institutions. Series Textile Industry Technology]. 2016;5(365):175–185. (In Russ.)
15. Galanin S. I., Viskovatyi I. S. Features of the process of electrochemical decoration of silver surface // *Izvestiya Tomskogo polytechnicheskogo universiteta* [Proceedings of Tomsk Polytechnic University]. Georesources Engineering. 2016;327,3:75–86. (In Russ.)

16. Galanin S. I., Viskovaty I. S. Electrochemical formation of decorative films on the surface of silver of 925 sample. *Dizajn. Materialy. Tekhnologiya* [Design. Materials. Technology]. 2015;4(39):56–60. (In Russ.)
17. Galanin S. I., Viskovaty I. S. Decorative electrochemical invoicing of sterling silver surface. *GAUDEAMUS IGITUR*. 2015;1:11–13. (In Russ.)
18. Galanin S. I., Kolupaev K. N. Titanium in jewellery and costume jewellery. *Tekhnologii i kachestvo* [Technologies & Quality]. 2022;1(55):59–64. (In Russ.)
19. Galanin S. I. Titanium and titanium jewelry. *Yuvelirtech. Jewelry technologies for professionals. Journal-catalog*. October 2021 – January 2022 / *jewellertech.ru*. URL: magview.uvelir.info/dKSofjFy4/4 (accessed 02.11.2023). (In Russ.)
20. Galanin S. I. Jewelry-artistic technologies: decorative electrochemical surface treatment of titanium. *Mir galvaniki* [The world of electroplating]. 2018;1(39):20–28. (In Russ.)
21. Galanin S. I., Lebedeva T. V., Yusupov Dm. M., Yusupov D. M. Decorative anodizing of titanium surface. *Tekhnologii i kachestvo* [Technologies & Quality]. 2023;4(62):24–30. (In Russ.)
22. Galanin S. I., Sokolova L. A. Jewelry made of aluminum with decorated surface. *Nauchny vestnik KGTU* [Scientific Bulletin of KSTU]. 2015;2:1–11. URL: <https://web.archive.org/web/20170624104035/http://vestnik.kstu.edu.ru> (дата обращения: 02.02.2025). (In Russ.)
23. Galanin S. I., Sokolova L. A. Decorating the surface of aluminum by painting conversion coatings. *Dizajn. Teoriya i praktika* [Design. Theory and practice]. 2015;21:34–43. (In Russ.)
24. Galanin S. I., Romanov A. A. Traditional and non-traditional decorative coatings of jewellery and costume jewellery. *Tekhnologii i kachestvo* [Technologies & Quality]. 2024;3(65):53–59. (In Russ.)
25. Galanin S. I., Romanov A. A. Traditional and non-traditional decorative coatings of jewelry and bijouterie. *Tekhnologii i kachestvo* [Technologies & Quality]. 2025;1(67):59–64. (In Russ.)
26. Shchapova T. From precious to refractory: non-jewelry metals in jewelry // *Jewelry Trade Navigator*. 2020;4(193):64–70. (In Russ.)
27. Tungsten jewelry: advantages and disadvantages. URL: <https://jewellerymag.ru/p/tungsten-carbide-jewellery> (accessed 12.12.2024). (In Russ.)
28. Galanin S. I., Romanov A. A. Non-traditional and non-standard materials in jewellery: history and modernity. *Tekhnologii i kachestvo* [Technologies & Quality]. 2024;1(63):45–51. (In Russ.)
29. Galanin S. I., Kolupaev K. N. Design, materials and manufacturing technology of modern jewelry and art products: monograph. Kostroma, Kostrom. St. Tekhnol. Univ. Publ., 2014. 183 p. (In Russ.)
30. Galanin S. I., Romanov A. A. Jewelry with non-traditional and non-standard materials: cost and design. *Dizajn i tekhnologiya* [Design and Technology]. 2023;98(140):6–14. (In Russ.)

Статья поступила в редакцию 08.09.2025

Принята к публикации 07.11.2025

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

С. И. Галанин, доктор технических наук, профессор

А. А. Романов, аспирант