

На правах рукописи

Пономарева Ксения Сергеевна

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ДЕКОРИРОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТИ  
ХАЛЦЕДОНА С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ ЭСТЕТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ  
ОБЪЕКТОВ ДИЗАЙНА

Специальность:  
17.00.06 – Техническая эстетика и дизайн  
(технические науки)

АВТОРЕФЕРАТ  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Санкт-Петербург  
2020

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна» на кафедре технологии художественной обработки материалов и ювелирных изделий

Научный руководитель: Жукова Любовь Тимофеевна  
доктор технических наук, профессор,  
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна»,  
заведующая кафедрой технологии художественной обработки материалов и ювелирных изделий

Официальные оппоненты: Пряхин Евгений Иванович,  
доктор технических наук, профессор,  
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет», заведующий кафедрой  
материаловедения и технологии художественных изделий

Емельянов Александр Юрьевич  
кандидат технических наук, доцент  
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный морской технический университет», доцент кафедры  
материаловедения  
и технологии материалов

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Иркутский национальный исследовательский технический университет»

Защита состоится 23 декабря 2020 года в 11:00 часов на заседании диссертационного совета Д 212.236.04 при ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна» по адресу: 191186, г. Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, 18, Круглый зал заседаний.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна», <http://sutd.ru/>.

Автореферат разослан « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета

Наталья Борисовна Лезунова

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность работы.** Для изготовления объектов дизайна из камня с целью экономии природных ресурсов используются синтетические аналоги минералов или камнесамоцветное сырье с низкими декоративными свойствами. Для повышения эстетических характеристик изделий из сырья низкого качества применяются методы геммополихромии. Выбор конкретного камня при производстве изделий осуществляется в зависимости от декоративных свойств самоцвета. Под обобщающим показателем «декоративность» принято подразумевать совокупность внешних оптических свойств, а именно цвет, текстуру, фактуру. Поэтому применение методик для повышения эстетических характеристик художественных изделий из камнесамоцветного сырья является перспективным направлением при производстве объектов дизайна.

В настоящее время технологии декорирования камнесамоцветных материалов в объектах дизайна изучены недостаточно. Возникает необходимость в создании научно-методической базы, обеспечивающей моделирование объектов дизайна из камня и управлении декоративными свойствами материала. Изучение и уточнение декоративных характеристик самоцветов на примере минералов группы халцедона позволит систематизировать свойства и сформировать базы данных для дальнейшего их использования в создании современных изделий из камня. Разработка методики модернизации внешнего вида дизайн-объектов из самоцветов за счет применения вариативных композиционных комбинаций цвет-фактура будет способствовать расширению номенклатуры художественных и ювелирных изделий и повышению конкурентоспособности камнерезных изделий. Декорирование поверхности халцедона может быть использовано при проведении реставрационных работ по замещению утраченных фрагментов каменными вставками с заданными эстетическими показателями поверхности.

Обработка камня является традиционным российским видом декоративно-прикладного искусства, имеющим мировое значение. Применение разработанной методики декорирования камнесамоцветных материалов на уровне проектирования художественных изделий из самоцветов позволит повысить качество продукции на российском и мировом рынках, что подтверждает актуальность данной работы.

### **Степень теоретической разработанности темы исследования**

В процессе создания методики декорирования поверхности художественных изделий из камня, был проведен анализ следующей литературы:

- по свойствам камнесамоцветного сырья: Шуман В., Банк Г., Рид П., Буканов В. В., Киевленко Е. Я., Солодова Ю. П., Корнилов Н. И., Годовиков А. А., Сомина И. Я., Платонов А. Н., Лобацкая Р. М. и др.;

- по истории обработки камня, технологии создания художественных и ювелирных изделий из него: Бируни А., Моран А., Ферсман А. Е., Синкенкес Дж., Келлер Е. Э., Белицкая Э. И. и др.;

- по художественному проектированию и вопросам декорирования при разработке дизайна художественных изделий: Марков В., Иттен И., Домасев М. В., Останина П. А., Медведев В. Ю., Михайлов, С. М., Жукова Л. Т., Ерцев В. П. и др.

Результаты анализа отечественных и зарубежных литературных источников по технологии декорирования каменных изделий выявили, недостаточное описание технологических особенностей геммополихромии самоцветов, методов создания фактуры на поверхности камня, в том числе с применением современных технологий; отсутствие исследований о влиянии финишной обработки камня на качество его поверхности.

**Соответствие диссертации паспорту научной специальности.** Диссертационная работа выполнена в рамках Паспорта научной специальности 17.00.06 «Техническая эстетика и дизайн» ВАК Минобрнауки РФ и соответствует следующим его пунктам:

1. Способы осуществления процессов художественного проектирования изделий из металла, древесины, стекла, керамики, камня, ткани, трикотажа, кожи, и других видов материалов.

5. Разработка методов производства малоотходных и экологических изделий.

15. Способы декорирования и реставрации художественных изделий.

**Целью** работы является разработка технологии декорирования халцедона для улучшения эстетических свойств объектов дизайна и повышения конкурентоспособности камнерезных изделий.

В соответствии с поставленной целью были определены и решены следующие **задачи**:

- анализ применения халцедона в художественных и ювелирных изделиях в исторической ретроспективе;
- исследование декоративных свойств природного халцедона и их систематизация;
- установление взаимосвязи технологических параметров геммополихромии халцедона с цветовыми характеристиками самоцвета;
- определение технологических параметров механической обработки для создания фактуры на поверхности камня;
- исследование влияния финишной обработки халцедона на качество поверхности халцедона;
- создание алгоритма проектирования изделий из халцедона с применением методов геммополихромии;
- разработка методов, экспертной оценки декоративных характеристик поверхности халцедона.

#### **Объект и предмет исследования**

Объектом исследования является процесс декорирования поверхности халцедона в изделиях дизайна.

Предметом исследования являются качественные и количественные характеристики изменения цвета халцедона, его фактуры и текстуры.

#### **Научная новизна**

1. Установлены технологические параметры процесса геммополихромии халцедона для получения заданного цвета.

2. Систематизированы виды фактурной обработки художественных изделий малой пластики из самоцветных камней в зависимости от технологии ее нанесения.

3. Установлена зависимость технологических режимов финишной обработки халцедона на качество поверхности.

4. Разработаны способы создания локального рисунка на поверхности камня с целью сокрытия природных дефектов и повышения эстетических характеристик объекта дизайна, в том числе с помощью лазерных технологий.

5. Предложен алгоритм проектирования художественных изделий из халцедона с использованием методов геммополихромии.

6. Разработан метод оценки эстетических характеристик халцедона в зависимости от способа декорирования его поверхности.

7. Систематизированы и структурированы сведения о декоративных свойствах природного и облагороженного халцедона, позволяющие повысить качество разрабатываемых изделий из камня.

### **Практическая значимость работы**

1. Разработанный метод изменения декоративных свойств поверхности халцедона позволяет расширить ассортимент художественных и ювелирных изделий и снизить их себестоимость за счет использования низкокачественного сырья с последующим улучшением его свойств.

2. Разработанная технология декорирования халцедона может быть применена как для изготовления индивидуальных эксклюзивных изделий, так и при серийном производстве.

3. Предложена методика геммополихромии халцедона для выполнения реставрационных работ по воссозданию утраченных фрагментов, позволяющая придать им необходимые декоративные, в том числе цветовые характеристики, что актуально в связи с исчерпаемостью природных ресурсов на каменных месторождениях.

4. Создана база данных по цветовым характеристикам, фактуре и текстуре поверхности халцедона для визуализации и проектирования объектов дизайна из халцедона.

5. Предложен перечень рекомендаций по внедрению разработанного метода декорирования халцедона в процесс производства камнерезных изделий.

Результаты исследований приняты к внедрению в Музее антропологии и этнографии им. Петра Великого (Кунсткамера) РАН.

Материалы диссертации используются в учебных и научных целях в СПбГУПТД по направлению «Технология художественной обработки материалов и ювелирных изделий» и «Декоративно-прикладное искусство и народные промыслы».

### **Методология и методы исследования**

В качестве методологии исследования применялся системный подход, предполагающий комплекс мер по изучению предмета исследования.

Получение количественных характеристик искусственного изменения цвета халцедона обеспечивалось методом спектрофотометрии с использованием спектрофотометра *Color I-5 (Gretag Mactheth Spectroeye, Швейцария)*.

Исследование шероховатости поверхности халцедона проводилось с помощью оптического профилометра фирмы *ZeScope (Zometrics, США)*, с точностью 0,0001 мкм.

Отражающая способность халцедона, определялась с помощью метода измерения зеркального блеска, с использованием прибора Блескомер ФБ-2 (Россия) при углах освещения  $45^\circ$  и  $90^\circ$ , точность метода составляет  $\pm 4\%$ .

Минералогический анализ халцедона производился на шлифах оптико-петрографическим методом в проходящем свете при помощи поляризационного оптического микроскопа *Olympus BX-53* (Япония), с увеличением  $\times 100$  и  $500$ .

Оценка декоративности проводилась методом Дельфи (метод экспертных оценок). Результаты эксперимента обрабатывались методами математической статистики, с использованием компьютерной программы *Statistica*.

#### **Положения, выносимые на защиту**

1. Искусственное изменение цвета натурального халцедона с целью увеличения спектра колористических характеристик.
2. Виды и методы создания различных видов фактуры на каменных изделиях, зависимость их выбора от функциональной принадлежности изделия, размера изделия и вида каменного материала.
3. Нанесение локального рисунка, орнамента и текстуры на поверхность художественного изделия из камня.
4. Методика проектирования дизайн-объектов из халцедона с использованием методов геммополихромии.

**Достоверность полученных результатов** и обоснованность основных положений и выводов диссертационной работы обеспечивается применением современных методов исследования, обработкой и обобщением экспериментальных и статистических данных по изучаемой проблематике, публикациями и докладами, практическим участием в международных и всероссийских конференциях и выставках, положительными результатами апробации в производственном и учебном процессе, получением патента на базу данных.

**Апробация результатов** работы была осуществлена на научных конференциях и семинарах, где получила положительную оценку: Всероссийская научная конференция молодых ученых «Инновации молодежной науки» (СПб, 2012, 2014-2019); Международная научная конференция Музея Фаберже в Санкт-Петербурге (СПб, 2015); Всероссийская научно-практическая конференция студентов и аспирантов по направлению «Технология художественной обработки материалов» (Липецк, 2016, Ростов-на-Дону, 2017); Международная научно-методическая конференция «Человек и природа в аспекте культуры и цивилизации. Кардовские чтения (Владимир, 2016-2017); VIII Геммологическая научная конференция (Томск, 2017); Международная научно-практическая конференция «Дизайн и художественное творчество: теория, методика и практика» (СПб, 2018); Всероссийская научно-практической конференции «Наука и образование в области технической эстетики, дизайна и технологии художественной обработки материалов» (СПб, 2016-2019).

Работа поддержана грантом ректора СПГУТД (СПб, 2009, 2010).

**Публикации.** Материалы диссертационного исследования опубликованы в 22 печатных работах, среди них 7 статей в изданиях, рекомендованных ВАК для публикации научных результатов диссертаций, 1 статья в международной базе данных Scopus и Web of Science, а также 1 свидетельство на базу данных.

## **Структура и объем диссертации**

Диссертационная работа состоит из введения, 4 глав, заключения, списка использованных источников из 120 наименований, 6 приложений. Текст работы изложен на 203 страницах, содержит 30 рисунков, 19 таблиц.

## **СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

Во **введении** обоснована актуальность работы, определена цель и задачи исследования, сформулированы основные положения, выносимые на защиту, научная новизна и практическая значимость результатов диссертационной работы.

**В первой главе «Применение цветного камня в художественных изделиях»** исследованы и систематизированы основные типы изделий с применением камнесамоцветного сырья. Представлены сведения о конкретных породах камня, применяющихся для каждого типа изделий. Установлена зависимость выбора камнесамоцветного сырья от типа художественного изделия и его конструктивных особенностей.

Кварцевая группа минералов определена как нашедшая отражение в преобладающем большинстве художественных изделий. Данные минералы имеют широкую распространенность в земной коре – около 60 % и подвидовое многообразие. В работе изучен минерал кварцевой группы – халцедон ( $\text{SiO}_2$ ) и основные формы его применения. Выявлено, что минералы группы халцедона используются с Доисторических времен, однако многообразие изделий в декоративно-прикладном искусстве было отмечено в XVIII и XX вв. Анализ научно-технической литературы показал, что наиболее распространенной разновидностью халцедона в художественных и ювелирных изделиях является сердолик. Установлено широкое использование халцедона в камнерезных изделиях мирового уровня и на территории России. Применение видового многообразия халцедона в различных регионах и эпохах представлено на рисунке 1.

**Во второй главе «Разработка режимов геммополихромии халцедона»** рассмотрены вопросы получения различных цветовых характеристик поверхности халцедона в зависимости от способа окраски.

Систематизированы разновидности натуральных минералов группы халцедона по декоративным характеристикам: цвет и текстура.

Изменение цвета халцедона осуществляли термической обработкой и методом пропитки растворами красителей. Для проведения эксперимента были подготовлены образцы из серого халцедона, представляющие собой пластины  $15 \times 15 \text{ мм} \times 4 \text{ мм}$ , в количестве 24 шт.

Термообработка является одним из способов колорирования камня, восполняющим естественные процессы по преобразованию центров окраски в минерале. Образцы нагревали в муфельной печи «МИТЕРМ-8» в интервале температур 50 – 500 °С, скорость нагрева и охлаждения – 10 °С/ч. Время выдержки образцов от 1 до 20 ч. Были установлены температурные интервалы, оказывающие влияние на изменение цвета. До 300 °С изменение окраски камня не наблюдалось. В интервале температур 300 – 400 °С происходит изменение цвета халцедона. При температуре выше 400 °С появляются трещины на поверхности камня, приводящие к разрушению ма-

териала. Динамика изменения цвета халцедона методом термообработки представлена на рисунке 2.

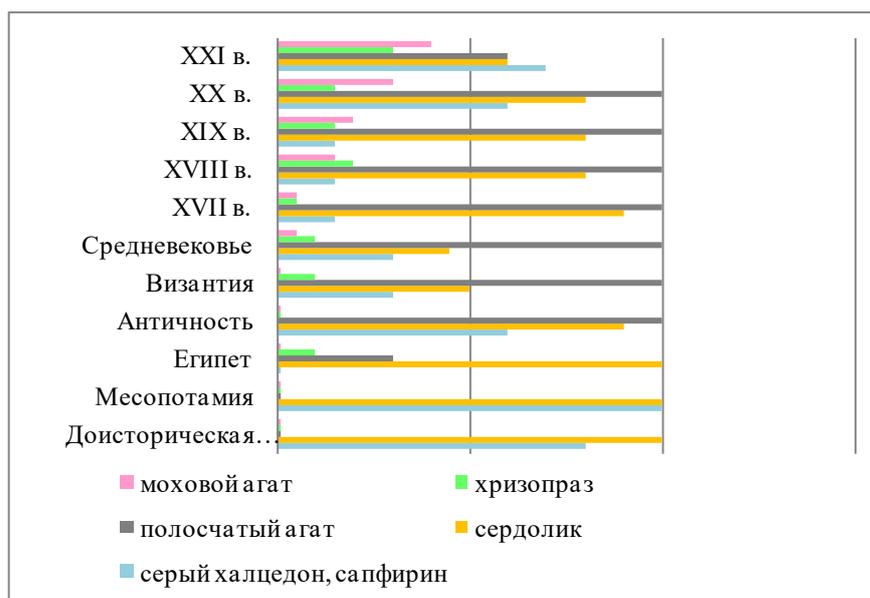


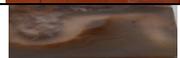
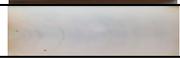
Рисунок 1 – Популярность применения различных сортов халцедона



Рисунок 2 – Динамика изменения цвета халцедона, окрашенного методом термообработки

В интервале температур 300 – 400 °С были получены образцы колорированного халцедона с однородной окраской. Исследовали влияние времени выдержки от 1 до 20 ч в интервале температур 300 – 400 °С на цветовые характеристики халцедона. Были определены координаты цветности (x и y), светлота (Y) и доминирующая длина волны ( $\lambda$ ). Результаты исследований при температуре 350 °С с выдержкой 5, 12 и 20 часов, при которых поверхность образцов обладает наиболее выразительными цветовыми характеристиками представлены в таблице 1. Выявлено, что методом термообработки получается узкий цветовой диапазон окраски халцедона (оранжевый, коричневый и белый цвета), глубина окраски проходит на всю толщину образца.

Таблица 1 – Цветовые характеристики халцедона, полученные методом термообработки

Температура, °С	Продолжительность выдержки, ч	Цвет	Изображение	Координаты цветности и светлоты (x; y; Y)			
				$\lambda$ , нм	x	y	Y
350	5	Оранжевый		582	0,49	0,38	4,52
350	12	Коричневый		590	0,39	0,48	4,11
350	20	Белый		-	0,33	0,32	15,13

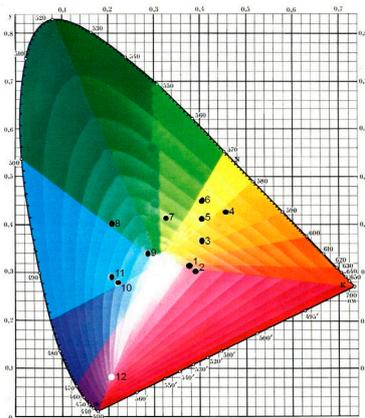
Анализ результатов показал, что с увеличением времени выдержки образца происходит изменение цвета халцедона. При выдержке халцедона в диапазоне температуры 300 – 400 °С в интервале времени от 5 до 20 часов окраска серого халцедо-

на изменяется от оранжевой до коричневой, постепенно образуя белую окраску, т. е. происходит обесцвечивание камня.

Известно, что окраска халцедона методом пропитки красящим раствором возможна за счет наличия пор в камне. Исследование микроструктуры халцедона показало, что размер пор составляет 0,1 – 0,01 мкм. Геммополихромию методом пропитки осуществляли в водных растворах  $C_{12}H_{22}O_{11}$ , синтетических красителей «Прибой» компании «Бегаль» (ТУ 2389-003-39437825-2004) и солей металлов. Выдержка образцов в красящем растворе осуществлялась при температуре 90 °С в течение 170 ч, т. к. при температуре менее 90 °С ухудшается растворимость красителя, при температуре более 90 °С происходит преждевременное обезвоживание красящего раствора. Соотношение воды к красящему веществу составляло 5:1. При меньшей концентрации красителя в растворе не происходит насыщенного крашения халцедона. Большая концентрация затрудняет растворение красящего вещества, что приводит к образованию осадка в растворе, который формирует неоднородную окраску и образует пятнистость на поверхности камня. Составы растворов с солями металлов представлены в таблице 2, цветовой график – на рисунке 3.

Таблица 2 – Составы растворов для окрашивания халцедона методом пропитки солями металлов

Заданный цвет	Красящие вещества
красный	- железо окись III с последующим обжигом;
коричневый	- карбонат хрома IV с последующим обжигом; - калиевая соль марганцовой кислоты; - соляная кислота с последующим обжигом;
желтый	- хлорид железа;
синий	- жёлтая кровяная соль с последующим кипячением в железном купоросе; - железо окись III с последующим кипячением в железном купоросе;
черный	- нитрат кобальта с последующим обжигом;
белый	- карбонат хрома III с последующим обжигом.



- 1 – красный цвет (раствор железо окись III)
- 2 – красный цвет (раствор анилинового красителя «Бордо»)
- 3 – оранжевый цвет (раствор анилинового красителя «Оранжевый»)
- 4 – желтый цвет (раствор анилинового красителя «Желтый»)
- 5 – желтый цвет (раствор хлорида железа)
- 6 – желтый цвет (водно-спиртовой раствор йода)
- 7 – зеленый цвет (раствор анилинового красителя «Зеленый»)
- 8 – зеленый цвет (раствор анилинового красителя «Изумруд»)
- 9 – синий цвет (раствор анилинового красителя «Синий»)
- 10 – синий цвет (растворы желтой кровяной соли и железного купороса)
- 11 – синий цвет (растворы железо окись III и желтой кровяной соли)
- 12 – фиолетовый цвет (раствор анилинового красителя «Фиолетовый»)

Рисунок 3 – Цветовой график с нанесенными координатами цветности халцедона, окрашенного методом пропитки

Анализ результатов исследований, представленный на рисунке 3, показал, что применение метода пропитки обеспечивает широкий диапазон цветов халцедона: красный, оранжевый, желтый, зеленый, синий, фиолетовый, черный, белый цвета.

Были определены координаты цветности полученных цветов. Глубина окраски в диапазоне 0,5 – 1,5 мм.

В виду отсутствия ГОСТа на устойчивость окраски каменных изделий к свету и влажности проводили выдержку окрашенных образцов халцедона в камере с использованием стандартного источника освещения D 65 в течение трех лет. Результаты исследований не выявили изменение цветовых характеристик. После испытания на устойчивость к воздействию воды на окрашенные образцы халцедона в течение 1 месяца цветовые характеристики остались неизменными.

Результаты исследований блеска халцедона, прошедшего геммополихромию термообработкой и методом пропитки, представленные в таблице 3 показали, что блеск остается неизменным вследствие проникновения красящего вещества в поровое пространство камня. Показатель блеска не изменяется в рамках погрешности ( $\pm 4$  %). Результаты исследования шероховатости поверхности подтвердили неизменность качества поверхности халцедона после окраски.

Таблица 3 – Значение блеска облагороженного халцедона

Номер образца	Блеск до облагораживания халцедона, %	Блеск после облагораживания халцедона, %
1	79 $\pm$ 4	79 $\pm$ 4
2	80 $\pm$ 4	81 $\pm$ 4
3	82 $\pm$ 4	82 $\pm$ 4
4	87 $\pm$ 4	86 $\pm$ 4
5	82 $\pm$ 4	82 $\pm$ 4

Выявлено, что нарушение режимов геммополихромии (неравномерное изменение или превышение температурного режима, обезвоживание раствора, неравномерное растворение красящего вещества) камня приводит к появлению дефектов: трещиноватость, обесцвечивание, пятнистость. Для предотвращения возникновения дефектов проводили предварительную операцию дегидратации камня перед его окраской. Были исследованы следующие способы дегидратации халцедона: жидкостная сушка, контактный способ, абсорбция, СВЧ и вакуумный способ. Установлено, что наилучшие результаты выявляет поэтапная корректировка водного баланса перед окрашиванием камня: поверхностная обработка ацетоном для обезжиривания поверхности с последующей просушкой в муфельной печи при температуре 100 °С в течение двух часов, результаты испытаний приведены на рисунке 4.

**Третья глава «Разработка методики нанесения текстуры и фактуры на поверхность халцедона»** посвящена изучению способов декорирования каменной поверхности путем создания разнообразной фактуры или рисунка.

Систематизированы основные разновидности природной текстуры халцедона. Выявлено, что наиболее часто встречаемая текстура натурального халцедона массивная, без видимого рисунка. В то время как в прикладном искусстве наиболее декоративными считаются текстурированные разновидности самоцвета. Поэтому были исследованы способы получения заданного рисунка на поверхности халцедона, показанные на рисунке 5: травление, лазерная обработка, пропитка красителем по локальным участкам.

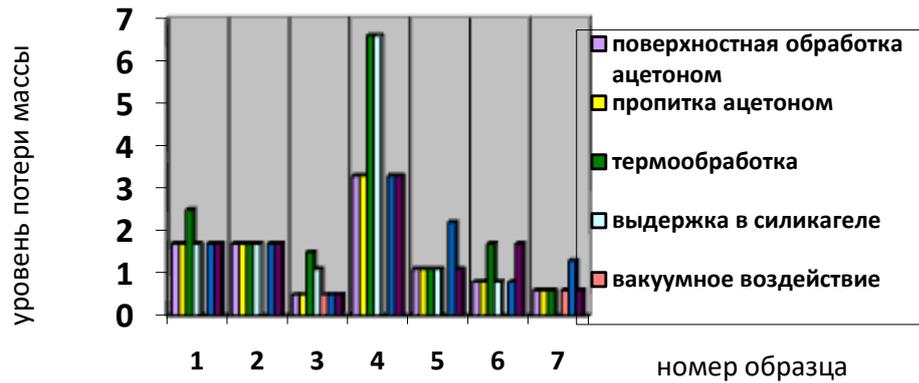


Рисунок 4 – Результаты исследования эффективности различных способов дегидратации халцедона

Было проведено исследование травления поверхности халцедона фтористоводородной кислотой 40 %. Концентрация 40 % является минимальной для технической фтористоводородной кислоты, использование более насыщенной концентрации не обосновано вследствие усложнения управлением процесса из-за уменьшения времени воздействия кислоты на камень. Меньшая концентрация кислоты не обеспечивает протравливание поверхности халцедона. В результате применения 40 % фтористоводородной кислоты на поверхности камня образуется заданный узор белого цвета, контрастный к основному фону. С увеличением времени выдержки кислоты увеличивается шероховатость протравленного участка, зависимость качества поверхности от времени воздействия кислоты показана на рисунке 6. Результаты исследования позволяют утверждать, что при выдержке кислоты в течение 10 – 30 мин. протравленная поверхность более гладкая ( $Ra=0,25 - 0,50$  мкм), чем при выдержке 40 – 90 мин. ( $Ra=0,90 - 1,10$  мкм), при воздействии кислоты в течение 180 мин. и более происходит полное растворение халцедона.



Рисунок 5 – Образцы халцедона с нанесенным рисунком: 1 – травление фтористоводородной кислотой; 2 – локальная пропитка синтетическим красителем «Бордо»; 3 – окрашивание халцедона термообработкой с последующим нанесением рисунка при помощи лазерной обработки

Нанесение рисунка на поверхность халцедона осуществляли лазерной обработкой на станке *Rabbit HX-6090* при мощности лазера 70 %, скорость обработки изменялась в диапазоне 100 – 300 мм/с, шаг воздействия луча 0,1 – 0,05 мм. Применение шага лазера в интервале 0,1 – 0,07 мм и скорости обработки в интервале 50 – 250 мм/с не обеспечивают создание однородного съема материала, рисунок формируется из отдельных полос. Поэтому были определены технологические режимы лазерной обработки, позволяющие получить высокое качество рисунка на поверхности халцедона: шаг гравировки 0,05 мм, скорость обработки 300 мм/с, мощность 70 %. В результате обработки на поверхности халцедона с массивной текстурой

создается равномерный белый рисунок. Качество гравировки халцедона зависит также от структурных особенностей минерала, наличия иных минеральных включений. Было выявлено частичное отслаивание материала на границе разнородных текстур. Применение предварительной операции геммополихромии халцедона увеличивает декоративный эффект использования лазерной обработки камня.

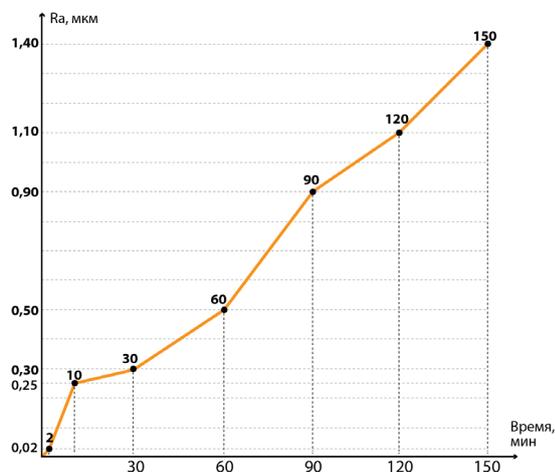


Рисунок 6 – Зависимость качества поверхности от времени обработки халцедона плавиковой кислотой (HF, 40 %)

Применение локальной пропитки в растворе красителя позволяет создавать на поверхности камня цветной узор. Эксперимент по пропитке локальных участков проводили в анилиновом красителе при температуре 90 °С, время выдержки 170 ч. В качестве защитного покрытия использовалась фторуглеродная смола *Fluototex*, которая после окраски удалялась при помощи ацетона.

Предложенные режимы нанесения рисунка на поверхность халцедона позволяют получать заданные рисунки и текстуру, что будет способствовать расширению эстетических показателей художественных изделий из камня, сокрытию поверхностных дефектов на объектах дизайна и воссозданию рисунка материала при реставрации каменных предметов.

Другим способом усиления декоративности камня является фактурная обработка поверхности. Были рассмотрены и систематизированы различные способы получения фактуры механическим способом с использованием разнообразных инструментов и абразивных материалов разной зернистости. Установлена взаимосвязь качества поверхности халцедона от технологии финишной обработки и применения инструментов и вспомогательных материалов, результаты исследований представлены на рисунке 7.

Анализ результатов исследований шероховатости поверхности показал, что достижение наиболее равномерной матовой поверхности обеспечивается пескоструйной обработкой. Обработка образцов на шлифовальном моторе с применением волосяных щеток и алмазных паст показала, что использование паст зернистостью 20/14, 14/10 или 5/3 обеспечивает идентичное качество поверхности – с шероховатостью Ra 0,06 мкм, что говорит о взаимозаменяемости данных паст при обработке поверхности халцедона. Аналогичные результаты показала обработка пастами 3/2, 2/1, 1/0 – Ra 0,02 мкм.



Рисунок 7 – Зависимость качества поверхности от вида ее обработки

В четвертой главе «Исследование параметров декоративности модифицированной поверхности халцедона» разработана база данных декорирования поверхности халцедона и даны рекомендации по проектированию художественных изделий с ее применением.

Интерактивная база данных «Декоративные характеристики халцедона» включает в себя библиотеку изображений разработанных эталонов из халцедона и описание технологии получения заданных характеристик поверхности по трем параметрам декоративности: цвет, текстура и фактура. Разработанная база данных подтверждена свидетельством на регистрацию. База данных может быть использована при проектировании художественных и ювелирных изделий, и в реставрационной практике.

Предложен алгоритм процесса проектирования художественных изделий из халцедона с учетом специфики применения способов декорирования поверхности объектов дизайна с использованием базы данных.

Даны рекомендации применения методов декорирования в промышленности в зависимости от функционального назначения объекта дизайна.

Разработаны критерии оценки декоративности обработанного халцедона по параметрам: цвет-фактура-текстура. Каждый из приведенных параметров декоративности характеризуется рядом признаков оценивающихся в определенное количество баллов. Бальный показатель формируется путем опроса группы, состоящей из 50 экспертов.

На основании полученных в работе теоретических и практических данных был изготовлен ряд объектов дизайна камнерезного искусства. Предложенную технологию декорирования халцедона с приданием различной цветовой гаммы, текстуры и фактуры халцедона можно применять для декоративной отделки элементов интерьера, изделий мелкой пластики, ювелирных украшений, изделий декоративно-прикладного искусства и других объектов дизайна, изготовленных из халцедона. А также при воссоздании утраченных фрагментов камнерезных изделий при проведении реставрационных работ.

## ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

1. Произведена систематизация видов изделий декоративно-прикладного и ювелирного искусства, садово-парковых и архитектурных объектов из камня. Обоснован выбор камнесамоцветного сырья для конкретных типов изделий в зависимости от

физико-механических и декоративных свойств камня, конструктивных и эксплуатационных характеристик изделий.

2. Систематизированы минералы группы халцедона с однородно массивной текстурой по цветовым различиям: серый халцедон, джамбульский халцедон, карнеол, сардоникс, сердолик, линкурий, хризопраз, сапфирин, аметистовый халцедон, черный халцедон, индийский халцедон; по текстурным особенностям: бастионный, облачный, моховой, глазковый, брекчиевый, ониксовый, пейзажный, комбинированный агаты.

3. Определены технологические параметры геммополихромии художественных и ювелирных изделий из халцедона. Методом термообработки серого халцедона получены цветные образцы минерала: коричневый, оранжевый и белый цвета. Методом пропитки в красильных растворах произведено окрашивание в: белый, черный, красный, оранжевый, желтый, синий, зеленый и фиолетовый цвета. Определены время и температура обработки халцедона, составы растворов и концентрация красителей для получения заданного цвета. Выявлена необходимость проведения предварительной перед крашением операции дегидратации халцедона, независимо от применяемого метода геммополихромии с целью увеличения глубины окрашивания при пропитке и уменьшения трещинообразования в процессе термообработки. Изучены глубина и устойчивость полученных окрасок халцедона.

4. Определены виды и технологические параметры создания фактуры и текстуры на поверхности халцедона с целью повышения декоративных характеристик художественных и ювелирных изделий.

Выявлены технологические параметры нанесения текстуры на поверхность халцедона методом травления и методом лазерной обработки. Определено время воздействия 40 % водного раствора фтористоводородной кислоты. Определен шаг, мощность и скорость воздействия лазерного луча. Выявлена возможность локального крашения халцедона методом пропитки в растворах красителей за счет защиты участков, не подвергающихся крашению пленкой фторуглеродного полимера.

Определены технологические режимы формирования разных видов рельефной фактуры на поверхности халцедона (последовательность операций, виды инструментов и вспомогательных материалов).

5. Установлена взаимосвязь качества шероховатости поверхности халцедона от способа его обработки (вида применяемого инструмента, вида вспомогательного абразивного материала и его зернистости).

6. Разработан алгоритм проектирования дизайн-объектов из камня с возможностью модификации художественных элементов внешнего вида объекта за счет изменения цвета изделия (фрагмента изделия), создания фактуры на его поверхности и/или нанесения текстуры. На основе разработанных цветовых и фактурных решений созданы образцы камнерезных и ювелирных изделий из халцедона. Создана интерактивная база данных, включающая различные изображения и способы получения заданных декоративных характеристик халцедона.

7. Разработаны критерии оценки декоративности халцедона, включая цветовое предпочтение, насыщенность, многосложность, тепло-холодность, однородность, выразительность, масштабность, пластичность, геометричность, ассоциативность,

ритм, рельефность, матовость, что позволяет производить качественную оценку декоративных свойств изделий из халцедона для получения заданных эстетических свойств.

**Основные результаты диссертации опубликованы в работах:  
Статьи в изданиях, рекомендованных ВАК РФ и в международной базе  
данных Scopus и Web of Science:**

1. Жукова, Л. Т. Исследование колористических свойств минералов группы халцедона/Л. Т. Жукова, К. С. Пономарева // Дизайн. Материалы. Технология. – СПб. – 2013. – № 2(27). – С. 54 – 56.
2. Пономарева, К. С. Использование фактуры при создании объектов из декоративно-поделочного камня/ К. С. Пономарева, Л. Т. Жукова// Дизайн. Материалы. Технология. – СПб. – 2014. – № 4 (34). – С. 37 – 40.
3. Пономарева, К. С. Природный и искусственный агат в ювелирных, художественных и галантерейных изделиях/ К. С. Пономарева, Л. Т. Жукова// Дизайн. Материалы. Технология. – СПб. – 2016. – № 4 (44). – С. 20 – 26.
4. Ponomareva, K. S. Natural and artificial agate in jewelry, art products and clothing accessories/ K. S. Ponomareva // Дизайн. Материалы. Технология. – СПб. – 2017. – № 1 (45). – С. 58 – 59.
5. Пономарева, К. С. Методология нанесения текстуры на поверхность изделий малой пластики из халцедона/ К. С. Пономарева // Дизайн. Материалы. Технология. – СПб. – 2017. – № 3 (47). – С. 35 – 37.
6. Пономарева, К. С. Исследование процессов дегидратации камня, на примере халцедона, с целью дальнейшей окраски материала / К. С. Пономарева //Известия высших учебных заведений. Технология легкой промышленности. – СПб. – 2017. – № 3. Том 37. – С. 46 – 49.
7. Пономарева, К. С. Исследование шероховатости поверхности каменного материала/ К. С. Пономарева, Л. Т. Жукова// Дизайн. Материалы. Технология. – СПб. – 2018. – № 4 (52). – С. 61 – 63.
8. V. Zhukov, L. Zhukova, K. Ponomareva , Improving the design of artwork and jewelry made of chalcedony, E3S Web of Conferences, Vol.164, 14006 (2020).

**Статьи, опубликованные в сборниках научных трудов:**

9. Пономарева, К. С. Разработка технологии изменения колористических свойств поделочного камня/ К. С. Пономарева, Л. Т. Жукова//Сб. статей всеросс. науч.-техн. конф. «Проблемы экономики и прогрессивные технологии в текстильной, легкой и полиграфической отраслях промышленности».– СПб.: СПГУТД, 2009. – С. 300–301.
10. Пономарева, К. С. Применение природных красителей в геммополихромии/ К. С. Пономарева, А. А. Гусева//Вестник Молодых ученых СПГУТД: сб. науч. тр.: в 4ч. Ч3: Искусствоведение и дизайн.– СПб.: СПГУТД, 2012. – С. 52 – 54.
11. Пономарева, К. С. Анализ систем аттестации цвета драгоценных камней/ К. С. Пономарева, Л. Т. Жукова//Вестник Молодых ученых СПГУТД: сб. науч. тр.: в 4ч. Ч3: Искусствоведение и дизайн.– СПб.: СПГУТД, 2012. – С. 209 – 214.
12. Пономарева, К. С. Дизайн предметов ювелирной пластики из цветного камня с применением разнообразных фактур/ К. С. Пономарева, Л. Т. Жукова//XVII

всеросс. науч.-практ. конференц. и смотр-конкурс творч. работ по направлению подготовки «ТХОМ»: Сб. науч. тр. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2015. – С. 271 – 276.

13. Пономарева, К. С. Виды фактур поверхности камня/ К. С. Пономарева// Наука и образование в области технической эстетики, дизайна и технологии художественной обработки материалов: материалы VI междунар. науч.-практ. конф. вузов России. – СПб.: ФГБОУВПО «СПГУПТД», 2015. – С. 274 –278.

14. Жукова, Л. Т. Методики реставрации художественных изделий из цветного камня/ Л. Т. Жукова, К. С. Пономарева// Реставрация памятников культурного наследия как путь сохранения исторической памяти: Кафедра. Сб. науч. ст./Сост. Э. А. Филиппова, И. Ю. Хитарова. – СПб.: Политехника-принт, 2016. – С. 63-76.

15. Пономарева, К. С. Принципы и методы реставрации камнерезных изделий/ К. С. Пономарева//Междунар. научн. конф.«Камнерезное искусство»: Сб. ст. /Музей Фаберже, культур.-историч. фонд «Связь времен». – СПб.: 2016. – С. 150 – 155.

16. Пономарева, К. С. Дизайн изделий ювелирной пластики из камня/ К. С. Пономарева// Кардовские чтения. Роль «Школы» в культуре и искусстве. Материалы 3 междунар.-научн.-метод. конф. г. Владимир, 18 августа 2016. – С. 360 – 365.

17. Пономарева, К. С. Лазерная обработка камнесамоцветного сырья / К. С. Пономарева, В. Н. Сенников//Развитие современного искусства в области технической эстетики и дизайна: матер. VII междунар. науч.-практ. конф. вузов России/ СПБГУПТД. – ФГБОУВО «СПБГУПТД», 2016. – С. 150 – 157.

18. Пономарева, К. С. Лазерная гравировка агата/ К. С. Пономарева, Е. В. Петрова// Технология художественной обработки материалов. Сб. статей науч.-практ.конф. г. Ростов-на-Дону, 2 – 7 октября 2017. – С. 320 – 324.

19. Пономарева, К. С. Текстурирование поверхности изделий малой пластики из ювелирно-поделочных камней при разработке их дизайна / К. С. Пономарева// Геммология: Сб. ст. Томск: Изд-во Томского ЦНТИ. 2017. – С. 112 – 117.

20. Пономарева, К. С. Алгоритм разработки дизайна ювелирных изделий/ К. С. Пономарева, О. С. Джуромская, Е. И. Чалова// Кардовские чтения: материалы V междунар. научн.-метод. конф. – Владимир: ТранзИнт-ИКС, 2018. – С. 116 – 122.

21. Пономарева, К. С. Камень в дизайне современного интерьера/ К. С. Пономарева // Дизайн и художественное творчество: теория, методика и практика: материалы второй междунар. научн.-практ. конф. – СПб.: ФГБОУВО «СПБГУПТД», 2018. – С. 334 – 338.

22. Пономарева, К. С. Стилистические и технологические особенности камнерезной флористики/ К. С. Пономарева, В. И. Пугачева//Наука и образование в области технической эстетики, дизайна и технологии художественной обработки материалов: матер. XI междунар. науч.-практ. конф. вузов России – СПб.: ФГБОУВО «СПБГУПТД», 2019. – С. 649 – 654.

#### **Патенты и свидетельства об интеллектуальной собственности**

23. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2019621207. Декоративные характеристики халцедона / К. С. Пономарева, Л.Т. Жукова, заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО СПБГУПТД. – заявл. № 2019621077, дата поступл. 26.06.2019; дата гос. регистрации в Реестре баз данных 08.07.2019.