В ПОРЯДКЕ ОБСУЖДЕНИЯ

УДК 69.33

© Ю. Н. Казаков, д-р техн. наук, профессор

© Т. Л. Ковалева, магистрант

(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)

E-mail: kazakov@spbgasu.ru, wertigo569@mail.ru

DOI 10.23968/1999-5571-2018-15-1-197-204

© Yu. N. Kazakov, Dr. Sci. Tech., Professor

© T. L. Kovaleva, undergraduate

(Saint Petersburg State University of Architecture
and Civil Engineering)

E-mail: kazakov@spbgasu.ru, wertigo569@mail.ru

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ СМЕТНОЙ СТОИМОСТИ РАБОТ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ СОВРЕМЕННЫХ РЕСТАВРАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА ПРИМЕРЕ ЛАЗЕРНОЙ ОЧИСТКИ

FEATURES OF ESTIMATED WORK COST FORMATION AT USE OF MODERN RESTORATION TECHNOLOGIES ON THE EXAMPLE OF LASER CLEANING

Развитие техники и технологий не стоит на месте, однако даже хорошо зарекомендовавшие себя технологии часто не могут развиваться дальше тестов и экспериментальных работ. С точки зрения нормативных документов рассмотрены причины медленного внедрения новых технологий в сфере реставрации. На примере лазерной очистки как одного из перспективных направлений проведен анализ малой ее применимости в сфере реставрации. Приведены основные методики очистки металлических изделий, проведено сравнение методов по основным характеристикам. Выполнен предварительный анализ разницы прямых затрат по сметным нормам, предложены пути решения проблемы путем своевременной разработки необходимых поправок.

Ключевые слова: реставрация, лазерная очистка, сметная стоимость.

The development of technique and technologies is constantly continuing, however, even well reputed technologies are faced with problems in their development and fail to go further beyond tests and experiments. Basing on normative documents, the article analyzes the causes for slow introduction of new technologies in the field of restoration. On the example of laser cleaning as one of the perspective directions, there has been carried out an analysis of its small applicability in the sphere of restoration. The main techniques of cleaning metal products are considered, comparison of methods according to the main characteristics is carried out. The preliminary analysis of the difference between the direct costs on the estimate norms has been made, the problem solutions by timely development of necessary amendments are offered.

Keywords: restoration, laser cleaning, estimate of costs.

Санкт-Петербург по праву носит гордое звание культурной столицы России. Отчасти это название обусловлено красотой и утонченностью архитектурных решений и деталей многочисленных храмов, дворцов, а зачастую и простых жилых домов города. В связи с этим сохранение культурного наследия с давних пор является одной из важных направленностей городского бюджета, наряду со строительством новых зданий и освоением новых территорий.

Несмотря на очевидные плюсы контроля реставрационной деятельности государством, такие как проведение необходимых контролирующих мероприятий, исследований и привлечение инвестиционных средств, это создает также определенные сложности для внедрения современных технологий.

Реставрация и воссоздание объектов культурного наследия — достаточно давняя отрасль, в течение «жизни» которой всегда разрабаты-

валось множество технологий и стандартов, определяющих правильность, последовательность и уместность тех или иных вмешательств в исторические ценности. Для стандартизации и ускорения разработки сметной документации в 1984 г. был разработан «Сборник сметных норм и единичных расценок на реставрационно-восстановительные работы по памятникам истории и культуры» (СН-84), утвержденный приказом Министерства культуры СССР от 20 июня 1984 г. № 320. Данным сборником учтены основные виды и стоимость реставрационных работ и материалов, актуальные 33 года назад. Однако для объектов культурного наследия, реставрируемых и воссоздаваемых за счет федерального бюджета, он применяется и в настоящий момент времени с использованием коэффициентов пересчета в текущие цены.

Для Санкт-Петербурга как крупного города с собственными объектами культурного наследия и средствами для их финансирования, однако, утвержден и разрешен к применению сборник Территориальных единичных расценок на ремонтно-реставрационные работы по объектам культурного наследия ТЕРрр СПб-2001¹ — он применяется для объектов регионального финансирования. В данном сборнике по сравнению с СН-84 были внесены изменения по видам работ по окраске, штукатурке, естественному камню и т. д. Например, для естественного камня флюатирование жидким стеклом было заменено на работы с более современными гидрофобизирующими составами. Тем не менее, за прошедшее с тех пор время в сборник также не вносились новые виды работ.

Однако НТП не стоит на месте, с каждым годом продолжая развиваться и находя применение даже в такой консервативной сфере, как реставрация. За последнее время одной из новинок в реставрации стало применение лазерной очистки для камня и металла. Помимо «музейного» использования, технология успешно зарекомендовала себя и на открытом воздухе. Данную технологию начали применять в Италии, где она использовалась при проведении работ на фасаде собора Санта Мария дель Фьоре (г. Флоренция)

¹ Территориальные единичные расценки на ремонтно-реставрационные работы. СПб.: СПбГУ «Центр мониторинга и экспертизы цен», 2009.

(рис. 1) [1], а также в Греции в храме Парфенон и других [3–5, 9].

В Санкт-Петербурге данная технология также вызвала интерес и с успехом применяется Эрмитажем и Музеем городской скульптуры для очистки музейных экспонатов благодаря своей атравматичности для музейных ценностей и точечному воздействию (рис. 2). Лазерная очистка, в отличие от стандартных методов ручной, химической или пескоструйной очистки, обладает меньшим разрушающим воздействием, при ее применении отсутствуют пыль и токсичные выбросы. И если «точечные» лазерные технологии слабо заинтересовали производителей работ, например, на фасадах, то с появлением более компактных аппаратов с расширенным полем излучения возник интерес к их использованию.

Традиционные методы очистки металла

Традиционно в реставрации металлических поверхностей используют такие методы, как абразивоструйная (песок либо более щадящие абразивы) очистка, обжиг, использование химических и органических смывок, ручной метод расчистки². В каждом из этих методов есть и достоинства, и недостатки.

• Очистка абразивами

При использовании абразивоструйной очистки требуется довольно большое открытое пространство, так как при работе образуется множество пыли и грязи, имеет место большой уровень шума.

² СП 72.13330.2016. Защита строительных конструкций и сооружений от коррозии. Актуализированная редакция СНиП 3.04.03–85, версия от 17.06.2017.

Рис. 1. Собор Санта Мария дель Фьоре (г. Флоренция)

Рис. 2. Елисеевский магазин. Скульптура «Наука», на которой применялась лазерная очистка (Санкт-Петербург)

Струйная абразивная очистка сжатым воздухом осуществляется путем высокоскоростной подачи абразива через сопло аппарата на очищаемую поверхность. Для снижения количества пыли при работе по возможности используют очистку с добавлением жидкости: в поток воздуха с абразивом включают небольшое количество воды. Данный метод называется методом струйной очистки, и при таком способе уже не образуется мелкодисперсная пыль (с частицами менее 50 мкм). При этом расход воды в среднем составляет 15–25 л/ч. Для более деликатной очистки применяется струйная очистка жидкостью под давлением: здесь соотношение смещается в обратную сторону, и уже в струю воды примешивают абразив (или смесь различных абразивов), затем струя воды с примесью под достаточным напором направляется на поверхность, требующую очистки. Такой метод может справиться с различными, даже достаточно сильными загрязнениями вроде лакокрасочных покрытий, ржавчины, смол и т. п.^{3,4}

³ По материалам сайта «ЗЕВС-Трубопровод». URL: <http://www.zevs-irp.ru/methods>.

⁴ По материалам сайта «Все о коррозии». URL: <http://www.okorrozii.com/podgotovka-poverhnosti.html>.

• Обжиг

Данный метод в основном используется при необходимости снятия остатков лакокрасочных изделий, краски с металла. Обжиг может проводиться только в специализированных печах, позволяющих достигать определенной температуры. Иногда, при наличии несложных загрязнений, можно обойтись паяльной лампой. Способ хорош тем, что при воздействии температуры излишний слой либо сгорает полностью, либо размягчается настолько, что легко снимается вручную скребками или щетками. Однако особенности метода позволяют применять его только в мастерских и при работе с относительно небольшими, демонтируемыми деталями.

• Смывки и химическая очистка

Еще одним из применяемых способов для удаления загрязнений является химический способ с использованием различных смывок и паст, дающий экономию в рабочей силе и времени при незначительных затратах на материалы. Удаление загрязнения происходит в результате химического воздействия нанесенной смывки на слой загрязнения за счет растворения и набухания. В основном применяются щелочные смывки и смывки на основе растворителей. При работе в мастерских и цехах используют преимущественно щелочи. Загрязнения удаляют путем погружения деталей в специальную ванну с подогретым до $t = 60\text{--}80\text{ }^{\circ}\text{C}$ раствором каустической соды 5–10 %. Непосредственно на изделия, вне условий мастерской, удаление старой краски можно произвести нанесением на поверхность при помощи кисти 25–30 %-ного раствора каустической соды. По прошествии приблизительно 10–12 ч слой краски разрушается и легко смывается горячей водой. Для удаления всех слоев краски процесс требуется повторять два-три раза⁵. Этот способ требует значительного расхода материалов и неудобен тем, что при снятии краски с вертикальных поверхностей раствор стекает, вследствие чего получаются большие потери каустика. При использовании смывок или химической очистки требуется большое хорошо проветриваемое пространство или в отдельных случаях специальные ванны с кислотой. Очень трудно производить такой вид работы на фасадах.

⁵ СН 72.13330.2016. Защита строительных конструкций и сооружений от коррозии. Актуализированная редакция СНиП 3.04.03–85, версия от 17.06.2017.

• Ручная очистка

Часто применяется метод ручной очистки, эффективный, но очень медленный и затратный. Ручную очистку поверхности проводят с использованием ручных проволочных щеток, шпателей, скребков, абразивных шкурок, наждачной бумаги. Очистку вручную иногда применяют на начальном этапе работ для предварительной очистки, чтобы снять слой относительно легко удаляемых загрязнений перед применением механических средств очистки. Например, для удаления достаточно толстого, но при этом не сильно отвердевшего наслоения ржавчины на поверхности перед абразивоструйной очисткой зачастую используют молотки для скалывания, это делается для уменьшения времени и затрат на абразивоструйную очистку⁶. Для увеличения скорости работы используют также специальные насадки-щетки для угловой шлифовальной машины (УШМ), однако высокая частота и скорость вращения приводят к появлению царапин на расчищаемой поверхности.

Вышеперечисленные методы либо маловыгодны экономически, либо сложны в исполнении, либо не позволяют производить работы в труднодоступных участках (черты лица у скульптур, металлические ограждения со сложным орнаментом и т. д.) или в замкнутом пространстве (интерьеры зданий, металлические ограждения лестничных клеток). Также при использовании приведенных методов зачастую происходит повреждение или удаление исходного материала либо изменение физико-химических свойств и внешнего вида металла, что недопустимо при работе на объектах культурного наследия.

Лазерная очистка

Лазерная очистка — это наиболее щадящий способ для очистки металла. Очистка объекта осуществляется при помощи светового воздействия. Чаще всего для точечной очистки применяют импульсные лазеры. Сфокусированное пятно лазерного излучения направляют на поверхность детали, подбирая его мощность таким образом, чтобы за время импульса на поверхностном слое произошло резкое точечное увеличение температуры, приводящее к испарению загрязнения (рис. 3) [8]. При очистке важным

параметром является значение энергии излучения в импульсе. Оно должно быть достаточным для удаления слоев загрязнения без повреждения основного материала. Кроме того, значительное влияние на взаимодействие излучения с веществом оказывают выбранные длина волны и длительность импульса. Чем меньше длительность импульса, тем меньше тепла успевает передаться в подложку и тем безопаснее очистка для исторического материала. Выбор длины волны излучения определяется спектром поглощения материала. При проведении работ отсутствует механическое соприкосновение инструмента очистки с поверхностью, благодаря чему допустима работа с чрезвычайно хрупкими деталями и максимальное сохранение материалов, которые были использованы их создателями (так называемая авторская пatina, золочение, слои краски на полотнах и т. д.) [15].

Лазерное излучение оказывает локальное термическое воздействие на материал памятника (окружающие зоны практически не нагреваются), что позволяет полностью исключить нарушения формы и возникновение внутренних деформаций обрабатываемого объекта. Это позволяет применять его при работе на объектах, сочетающих в себе различные материалы (например, драгоценные металлы с камнями и т. д.)⁷.

На рис. 4 показана аппаратура, применяемая для различных видов лазерной очистки.

В табл. 1 проведено сравнение основных методик очистки, в том числе лазерной, по ряду параметров.

Для применения лазерной очистки на объектах культурного наследия она, согласно про-

⁶ СП 72.13330.2016. Защита строительных конструкций и сооружений от коррозии. Актуализированная редакция СНиП 3.04.03–85, версия от 17.06.2017.

Рис. 3. Принцип лазерной очистки

⁶ По материалам сайта «Все о коррозии». URL: <http://www.okorrozii.com/podgotovka-poverhnosti.html>.

Рис. 4. Аппараты для лазерной очистки: а — для точечного воздействия; б — для быстрой очистки прямолинейных поверхностей*; в — ранцевый лазер

* По материалам сайта «Лазер vs. ржавчина». URL: <http://лазер-ржавчина.рф>.

ектным решениям, должна быть учтена в смете. Однако, несмотря на целый ряд преимуществ, технология имеет один существенный недостаток — высокую стоимость работы. При составлении сметы сметчику приходится сталкиваться с трудной задачей — отсутствием в каких-либо сборниках подобных видов работ. Например, в 2017 г. был проведен тендер на производство работ по реставрации скульптур на аттике здания Таможни (Санкт-Петербург, наб. Макарова, д. 4, лит. Б). Согласно проекту было принято решение о применении лазерной очистки для реставрации медных выколотных скульптур (рис. 5, 6).

Для расчета стоимости подходящей по составу работ расценкой является ТЕРрр 07-01-014-02 «Расчистка металлической поверхности изделий пескоструйным аппаратом от загрязнений или масляных закрасок: средней сложности», в состав работ которой включено следующее⁸:

1. Очистка поверхности изделия с помощью пескоструйного аппарата.
2. Зачистка от остатков песка.
3. Покрытие поверхности изделия защитным слоем.

Однако трудоемкость и скорость данной операции, которыми соответственно обуславливается и зарплата рабочим, не позволяют применять расценку в данном случае. Исходя из этого, была принята другая подходящая расценка ТЕРрр07-01-014-07 «Расчистка металлической поверхности изделий от загрязнений с помощью

шкурки или кареткой; категории сложности: I»⁹, как наиболее подходящая по составу работ:

1. Расчистка от загрязнений вручную крупной или мелкой шлифовальной шкуркой или кареткой¹⁰.

Данная расценка, однако, не включает в себя использование механизмов, а следовательно, немалые затраты на электроэнергию налагаются на подрядчика.

Подходящая расценка могла бы содержать следующий состав работ:

- 1) смачивание поверхности водой;
- 2) обработку поверхности лазерным излучением.

При мощности 1,0 кВт скорость лазерной очистки от ржавчины при использовании импульсного лазера с длиной волны 1,06 мкм составит 4–8 м²/ч [10]. При увеличении мощности производительность может быть увеличена пропорционально.

Для пескоструйных аппаратов требуется компрессор мощностью от 22 до 100 кВт¹¹. Лазерная установка с потребляемой мощностью 100 Вт имеет производительность 4 м²/ч (при черновой обработке — до 20 м²/ч) [2]. Эта скорость больше, чем при ручной расчистке, однако работа требует более высокой квалификации. Так как производительность имеет близкие значения, для сравнительных расчетов можно использовать значения ЗП (оплата труда рабочих) для

⁹ Там же.

¹⁰ Там же.

¹¹ По материалам сайта «ЗЕВС-Трубопровод». URL: <http://www.zevs-irp.ru/methods>

⁸ Территориальные единичные расценки на ремонтно-реставрационные работы. СПб., 2009.

Таблица 1

Сравнение основных методик очистки

Методика	Скорость очистки*	Степень повреждения очищаемой поверхности	Качество очистки	Ограничения	Потребность в доп. материалах и приспособлениях
Абразив	~12 м ² /ч	Высокая	Высокое	Не подходит для тонкого металла, плохо очищает краску	Песок/другие абразивы
Обжиг	1,5–2 ч	Высокая	Низкое при ржавчине, высокое при удалении краски	Не подходит для тонкого металла (до 6 мм). Не подходит для многих видов металлов	Спец. цех с оборудованием (печи)/газовые баллоны
Смывки	~от 2 ч до нескольких суток	Низкая, но растворитель остается внутри структуры	Высокое при тонком слое загрязнения	Плохо подходит для помещений. Большой расход, низкая скорость	Специальные составы для очистки, инструменты для снятия слоев
Вручную (используется при сложных поверхностях)	~8 ч на 1 м ²	Низкая	Высокое при тонком слое загрязнения, низкое при толстом	Не подходит при толстом слое загрязнения, минимальная скорость	Щетки/шкурки, термофен и т. д.
Вручную, механизированным способом	4–6 м ² /ч	Низкая	Высокое при тонком слое загрязнения	Не подходит для рельефных поверхностей. Не подходит при толстом слое загрязнения	УШМ с насадками
Лазер	4–8 м ² /ч	Низкая	Высокое	При работе с медью и прочими легко окисляющимися металлами требует спец. условий	Нет

* Приблизительно, сильно зависит от материала, типа поверхности и загрязнения.

Рис. 5. Здание Таможни с выколотными скульптурами на аттике (Санкт-Петербург, наб. Макарова, д. 4, лит. Б)

Рис. 6. Образец патинированной меди, расчищенный лазером

Таблица 2

Сравнение сметной стоимости основных методов очистки медных скульптур

Методы очистки	Ед. изм.	Мат	ЭММ	ЗП	В том числе ЗПм	Всего	С индексацией в цены декабря 2016, руб./м ²
Ручная	1 м ²	111	0	319,16	0	430,16	6442,68
Пескоструйная	1 м ²	6,42	186,05	57,68	40,24	250,15	3369,9
Лазерная*	1 м ²	0	186,05	319,16	0	505,21	7341,82

* Теоретические значения.

ручной расчистки и коэффициента ЭММ (стоимость эксплуатации машин и механизмов) для пескоструйной расчистки. Результаты сравнения стоимости приведены в табл. 2.

Как следует из табл. 2, показатели различаются в 1,13 раза для ручной расчистки и 2,18 раза для пескоструйной очистки по сравнению с лазером. Такая разница в цене показывает, что внедрение современных технологий при отсутствии необходимых расценок является невыгодным для производителей работ.

Выводы

Несмотря на развитие технологий, для их успешного внедрения и применения требуется проработка не только физических аспектов, но и нормативной и юридической составляющих. Проведен предварительный анализ разницы прямых затрат по сметным нормам для различных методов очистки, в ходе которого выявлено, что без своевременного изменения сметных норм множество современных технологий, таких как лазерная очистка, использование дронов для анализа и обмера объектов, применение прочих новейших материалов с улучшенными характеристиками является невозможным.

Поднят вопрос о составлении новой базы расценок, что, очевидно, связано со множеством сложностей, поэтому предложено для начала ввести хотя бы необходимые поправочные коэффициенты на стоимость производства работ.

Библиографический список

1. Laser reinigt präzise und umweltfreundlich // *Lasermarkt*. 2000. S. 54–56.
2. Вейко В. П., Смирнов В. Н., Чирков А. М., Шахно Е. А. Лазерная очистка в машиностроении и приборостроении: учеб. пособие. СПб.: НИУ ИТМО, 2013. 103 с.
3. Weeks Ch. The 'Portail de la Mee Dieu' of Amiens Cathedral its polychromy and conservation // *Studies in Conservation*. 1998. Vol. 43. Pp. 101–108.
4. Siano S., Giusti A., Pinna D. et al. The conservation intervention on the Porta della Mandorla // in: Dickman K., Fotakis C., Asmus J. F. (eds.). *Lasers in the conservation of Artworks*. Springer Proceedings in Physics. 2005. Vol. 100. Pp. 171–178.
5. Salimbeni R. Laser techniques in Conservation in Europe // *SPIE Proceedings*. 2005. Vol. 5857. Pp. 8–18.
6. Смирнов В. Н., Скрипченко А. И., Медведский В. М. Очистка лазерным излучением // *РИТМ*. 2008. № 3. С. 64–66.
7. Вейко В. П., Кишалов А. А., Мутин Т. Ю., Смирнов В. Н. Перспективы промышленных применений лазерной очистки материалов // *Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики*. 2012. № 3 (79). С. 50–54.
8. Парфенов В. А., Геращенко А. Н., Геращенко М. Д., Григорьева И. Д. Лазерная очистка исторических памятников // *Научно-технический вестник СПбГУ ИТМО*. 2010. № 2 (66). С. 11–17.
9. Lazzarini L., Asmus J. F., Marchesini M. L. Lasers for the cleaning of statuary, initial results and potentialities // *1st Int. Symposium on the Deterioration of Building Stone*. La Rochelle, 1972. Pp. 89–94.
10. Григорьянц А. Г., Шиганов И. Н., Мисюров А. И. Технологические процессы лазерной обработки. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2006. 664 с.
11. Подъяпольский С. С., Бессонов Г. Б., Беляев Л. А., Постникова Т. М. Реставрация памятников архитектуры. М., 2000.
12. Шемаханская М. С., Леменовский Д. А., Лакшин Б. В., Брусова Г. П. Новые методы в реставрации археологического металла // *Вестник реставрации музейных ценностей*. 2008. № 1–11.
13. Цыбульская О. Н., Буравлёв И. Ю., Юдаков А. А., Никитин Ю. Г. Коррозионные разрушения археологического железа и методы его стабилизации // *Вестник ДВО РАН*. 2012. № 5. С. 23–31.
14. Макаров М. Д., Каймакчи А. В., Лукьянов А. Д. Промышленные способы очистки поверхности. Су-

хая лазерная очистка // Инженерная наука и образование. 2016. № 1. С. 47–59.

15. Парфенов В. А. Применение лазерных технологий для сохранения памятников // Красная линия. 2009. № 38 (июль). С. 48–51.

References

1. Laser reinigt präzise und umweltfreundlich. Lasermarkt Publ., 2000, pp. 54–56.
2. Veyko V. P., Smirnov V. N., Chirkov A. M., Shakhno E. A. *Lazernaya ochistka v mashinostroenii i priborostroenii. Ucheb. posobie* [Laser cleaning in mechanical engineering and instrument making. Teaching manual]. St. Petersburg, NIU ITMO Publ., 2013, 103 p.
3. Weeks Ch. The 'Portail de la Mee Dieu' of Amiens Cathedral: polychromy and conservation. *Studies in Conservation*, 1998, vol. 43, pp. 101–108.
4. Siano S., et al. *The conservation intervention on the Porta della Mandorla*. Ed. by Dickman K., Fotakis C., Asmus J. F. *Lasers in the conservation of Artworks*. Springer Proceedings in Physics, 2005, vol. 100, pp. 171–178.
5. Salimbeni R. *Laser techniques in Conservation in Europe*. SPIE Proceedings, 2005, vol. 5857, pp. 8–18.
6. Smirnov V. N., Skripchenko A. I., Medvetzkiy V. M. *Ochistka lazernym izlucheniem* [Cleaning with laser emission]. RITM, 2008, no. 3, pp. 64–66.
7. Veyko V. P., Kishalov A. A., Mutin T. Yu., Smirnov V. N. *Perspektivy industrial'nykh primeneniye lazernoy ochistki materialov* [Prospects of industrial applications of laser purification of materials]. *Nauchno-tekhnicheskiy vestnik informatsionnykh tekhnologiy, mekhaniki i optiki – Scientific and technical messenger of information technologies, mechanics and optics*, 2012, no. 3 (79), pp. 50–54.
8. Parfenov V. A., Gerashchenko A. N., Gerashchenko M. D., Grigor'eva I. D. *Lazernaya ochistka istoricheskikh pamyatnikov* [Laser cleaning of historical monuments]. *Nauchno-tekhnicheskiy vestnik SPbGU ITMO – Scientific and Technical Journal of ITMO University*, 2010, no. 2 (66), pp. 11–17.
9. Lazzarini L., Asmus J. F., Marchesini M. L. *Lasers for the cleaning of statuary, initial results and potentialities*. 1st Int. Symposium on the Deterioration of Building Stone. La Rochelle, 1972, pp. 89–94.
10. Grigor'yants A. G., Shiganov I. N., Misyurov A. I. *Tekhnologicheskie protsessy lazernoy obrabotki* [Technological processes of laser cleaning]. Moscow, BMSTU Publ., 2006, 664 p.
11. Pod'yapol'skiy S. S., Bessonov G. B., Belyaev L. A., Postnikova T. M. *Restavratsiya pamyatnikov arkhitektury* [Restoration of monuments of architecture]. Moscow, 2000.
12. Shemakhanskaya M. S., Lemenovskiy D. A., Lakshin B. V., Brusova G. P. *Novye metody v restavratsii arkheologicheskogo metalla* [New methods in restoration of archaeological metal]. *Vestnik restavratsii muzeynykh tsennostey – Bulletin of restoration of museum values*, 2008, no. 1–11.
13. Tsybul'skaya O. N., Buravlyov I. Yu., Yudakov A. A., Nikitin Yu. G. *Korrozionnye razrusheniya arkheologicheskogo zheleza i metody ego stabilizatsii* [Corrosion damage of archaeological iron and methods of its stabilization]. *Vestnik DVO RA – Vestnik of the Far East Branch of the Russian Academy of Sciences*, 2012, no. 5, pp. 23–31.
14. Makarov M. D., Kaymakchi A. V., Luk'yanov A. D. *Promyshlennyye sposoby ochistki poverkhnosti. Sukhaya lazernaya ochistka* [Industrial ways of cleaning the surface. Dry laser cleaning]. *Inzhenernaya nauka i obrazovanie – Engineering science and education*, 2016, no. 1, pp. 47–59.
15. Parfenov V. A. *Primeneniye lazernykh tekhnologiy dlya sokhraneniya pamyatnikov* [Applying laser technologies for preservation of monuments]. *Krasnaya liniya – Red Line*, 2009, no. 38 (July), pp. 48–51.