

Паола Лоренци (Paola Lorenzi)

*предприятие по обработке полудрагоценных камней Orificio Pietredure, Флоренция, Италия
– «Новые технологии в обработке и сохранении камня памятников истории и культуры»*

Добрый день. В первую очередь, хотелось бы поприветствовать, в том числе от лица всего руководства нашего учреждения, всех организаторов данного мероприятия, в особенности Федерику Росси, Татьяну, а также коллектив университета, который любезно нас принял. Спасибо. Мой доклад, разумеется, на итальянском, но я постараюсь говорить медленнее, дабы вам, слушателям, был обеспечен ясный и понятный перевод.

Предприятие по обработке полудрагоценных камней – это одно из ключевых учреждений по изучению искусства реставрации, со своей богатой историей. В 1588 году Фердинанд I династии Медичи даёт распоряжение об учреждении художественной мануфактуры при герцогском дворе, получившей название «рабочая галерея». Таково первоначальное, историческое название нашего предприятия. В то время оно размещалось в галереях Уфици и специализировалось на изготовлении различных художественных изделий особой ценности и качества. В первую очередь, речь идет об изделиях камней, мраморной мозаике, флорентийской мозаике, и о глиптике. Предприятие проработало много веков, изготавливая уникальные произведения искусства, многие из которых становились ценными дарами со стороны герцогской семьи всем знатным и значимым политическим и религиозным фигурам своего времени. Лишь в 1861 году, после объединения Италии, предприятие по обработке полудрагоценных металлов оказывается на грани закрытия – фактически никто, кроме дома Медичи, не мог обеспечить должного финансирования данного учреждения. Сейчас вы видите часовню принцев Медичи, полностью выполненную с использованием полудрагоценных камней. Сегодня предприятие по обработке полудрагоценных камней, или OPD – аббревиация итальянского названия – это одно из ключевых учреждений Министерства культурного наследия, культурной деятельности и туризма в Италии. Основная задача предприятия – это сохранение памятников культурного наследия, консультационная деятельность в аналогичной области, а также подготовка специалистов по искусству реставрации. Таким образом, можно выделить три наших основных направления – это исследовательская деятельность, обучение персонала, а также непосредственно сами реставрационные работы.

Я работаю в лаборатории по реставрации материалов из камня (*неожиданно выключается свет*) ...ох, но так я совсем ничего не вижу! (*свет снова включается, смех в зале*) так лучше, спасибо. Надеюсь, вам видно мои слайды. Итак, наша лаборатория, совместно с самим предприятием, обеспечивает, в первую очередь, объективность исследований, помогает в обучении сотрудников, а также играет важную роль в самих реставрационных работах; наши исследования затрагивают весьма специфические области реставрационного дела и вопросов сохранения памятников культурного наследия. Все лаборатории при предприятии ведут совместную работу. У нас есть лаборатория по физическим, химическим и биологическим исследованиям, а также специальное климатологическое оборудование.

Мы поддерживаем тесное сотрудничество с различными научными и исследовательскими центрами на национальном и международном уровне; у нас есть специализированная школа, работающая по государственной программе образования в области искусства реставрации. Именно в рамках данного учебного заведения определяются дальнейшие вопросы изучения

реставрационного дела; эти вопросы становятся темой дипломных работ будущих выпускников. Вместе с исследовательскими центрами мы стараемся досконально изучить каждый вопрос, связанный с развитием искусства реставрации, детальнее изучить вопрос долговечного сохранения материалов из камня, наладить контроль над всеми этапами реставрации. Часто исследовательские работы идут параллельно с реставрационными. Каждая работа – это отдельный материал для изучения, в том числе с точки зрения проведения реставрационных работ и дальнейшего сохранения памятников культурного наследия. Хотелось бы рассказать о проекте реставрации фасада базилики Сан Петронио в Болонье.

В данном случае был использован метод химико-механической очистки, завершающим этапом которой была точечная лазерная чистка, при этом различное оборудование давало возможность изменения длины лазерных волн и различного уровня воздействия на материал. Посмотрите, каким был фасад до начала реставрации, после химико-механической очистки, и после точечной лазерной чистки. Для того, чтобы подтвердить эффективность примененных методов, мы привлекли к сотрудничеству профессора Иларию Каччари из института прикладной физики «Нелло Каррара» (IFAQ) – данное учреждение входит в состав Национального Исследовательского совета г.Флоренции. Институтом был предоставлен переносной микроскоп типа «микро-3D» собственного производства. С помощью данного мкроскопа были проанализированы результаты точечной лазерной чистки поверхности портала базилики, изготовленного в свое время по проекту Якопо делла Кверча. Мы сравнили 2 участка поверхности – который подвергся лазерному облучению, и который не подвергся ей. Вначале не было выявлено явной разницы между облученными и необлученными поверхностями. Далее была предложена метрическая характеристика состояния поверхности после лазерной чистки. Таким образом, была выявлена прямая зависимость между уровнем неровности поверхности и степенью лазерного излучение (следует признать, что получение данных параметров невозможно с применением иного оборудования, такого как видеокамера или стандартный микроскоп). Вы видите изображение с места реставрационных работ – в частности, фотографию монумента святого Петронио. А это фасад базилики до и после выполнения работ.

Другой случай, который подчеркивает важность этой синергии: реставрационные работы/ исследования /применение новых технологий, было сотрудничество с профессором Пьетро Арменти из Университета Пизы геологического факультета. Был разработан метод, который использует физический принцип закона Снелла, чтобы подчеркнуть пределы гранул. Methono Raportes. Распределение размеров зерна и форма гранул. Предлагаемые приборы и методы особенно подходят для неразрушающего анализа мономинеральных каменных материалов (кварцитов, мрамора) и дают точные данные о природе и качестве исследуемой породы. Метод включает использование цифровой камеры, которая устанавливается в фиксированном положении относительно образца. Полученные изображения обрабатываются через Image-J - программное обеспечение с открытым исходным кодом для анализа изображений. Обработка обеспечивает видимость минеральных контуров на поверхности образца. Rapoptes применялся в реальном случае: изучение характеристик каменного материала скульптуры Амико Аспертини, украшающей фасад Базилики Сан-Петронио в Болонье.

Для исследований был взят один из фрагментов монумента, который внезапно упал 4 октября 2013 года, а именно правая рука скульптуры.

Была проведена гранулометрия всей поверхности разлома, в результате чего была выявлена неоднородность гранул материала, что, в конечном итоге, привело к ослаблению укрепляющих свойств материала. Дальнейшее изучение гранул показало, что при изготовлении скульптуры был использован неоднородный материал, из-за чего впоследствии и случилось падение фрагментов скульптуры. Сейчас ведутся активные исследования для получения максимально однородного состава для реставрации, анализируются и сравниваются различные каменные породы.

Сейчас я расскажу о нескольких исследованиях с применением новейших технологий. Первое – это 3D-сканирование, моделирование и составление прототипа, далее расскажу о методе биоконсолидации. Был весьма интересный случай реставрации скульптуры Микеланджело «Сан-Джованнино». Сложность данного проекта очевидна – у нас было всего несколько изображений данной работы, и все они были сделаны до 1936 года. Причина проста –



скульптура была уничтожена во время гражданской войны в Испании. Задача была, как минимум, сохранить в должном виде те фрагменты, что остались, и, как максимум, попытаться восстановить утраченное произведение искусства. В данном проекте приняло участие изрядное количество специалистов, были использованы самые передовые методы и технологии. На первом этапе работ были определены основные проблемы, с которыми придется столкнуться, охарактеризованы задачи и цели, которые мы хотим достичь. Нужно было отталкиваться от оставшихся оригинальных фрагментов и поступательно восстанавливать всю скульптуру. Летом 2011 года было решено создать 3D-прототип скульптуры, проведя трехмерное сканирование. Благодаря этому стало возможным детально проработать всю стратегию будущих работ. С использованием виртуальной симуляции мы смогли грамотно расставить существующие фрагменты, определив, как именно должно быть заполнено пространство между ними. Другая проблема – это выбор материала. Он должен быть достаточно легким, чтобы обеспечить устойчивость всей конструкции, не создавать лишних нагрузок на основание, и при этом эффективно держать все скрепленные конструкции фигуры. Кстати говоря, скреплены они были магнитными элементами разной степени силы притяжения, учитывая все особенности анатомии скульптуры, а, где необходимо, были использованы скрепляющие элементы на смоляной основе. Также был немаловажен вопрос выбора более подходящих текстур поверхности скульптуры. Основной особенностью данной реставрационной работы является её полная обратимость - в любое время мы можем удалить какие-то элементы и вернуться к первоначальному варианту.

Реставрация материалов из камня является ключевым вопросом последних десятилетий в области биотехнологии и биореставрации. Биотехнология - это технологическое приложение, которое использует системы биологических организмов, живых организмов или их производных для производства или модификации продуктов или процессов для определенной цели. Другими словами, изучение «добродетельных» бактерий может играть положительную роль в вопросе долговечности материалов, активное развитие биотехнологий началось в последние пятнадцать лет двадцатого века.

Одна из особенностей заключается в том, что методологии работ не могут быть использованы обобщенным образом, каждый случай сугубо индивидуален. Кроме того, бактерия, выбранная для применения, ранее изучалась и идентифицировалась биомолекулярным путем, а также учитывались все возможные риски: не опасно ли для здоровья рабочих, а также для самого предмета искусства и окружающей среды её применение.

Биореставрация направлена на решение проблем, таких как устранение корок или налётов чужеродного характера.

Реставрация скульптуры «Аллегория смерти» Джузеппе Ладзерини, находящейся на Английском кладбище во Флоренции.

Для этой работы был разработан и испытан биоформат группой

Исследователей отдела пищевых и микробиологических наук (DiSTAM)

Миланского университета под руководством профессора Франчески Каппителли. Был использован Штамм бактерий *Desulfovibrio vulgaris subsp. Vulgaris* – это анаэробная бактерия, способная уменьшить сульфат серы. Формула механизма действия на экране.

Чтобы определить фактическую эффективность и конкурентоспособность использования бактерий для удаления черных корок, было необходимо сравнивать этот метод с другими: биообёртывание (биологическая очистка), лазерная чистка (физическое воздействие) и химическая очистка (химическое воздействие). Выбор материалов и методов применения был сделан в соответствии с методологиями наиболее часто используемых для предварительных испытаний.

Проведенные исследования в основном разделены на две фазы: первая фаза экспериментальная, с проведенной серией испытаний, сопровождаемыми соответствующими научными анализами, для

для определения неинвазивности действия бактерий, дабы подтвердить отсутствие отрицательного воздействия на материал произведения искусства; и последующая фаза – непосредственно само применение данной технологии на скульптуре Джузеппе Ладзерини «Аллегория смерти», где было большое количество больших и толстых черных корок.



Экспериментальная фаза проводится на различных объектах, на которых также присутствуют черные корки разных размеров и толщины, в частности, на колонне из лоджии ди Баччо д'Агноло собора во Флоренции. Был проведен ряд исследований и анализов на соответствующих поверхностях, до и после применения данного метода, чтобы выявить, не влияют ли каким-либо отрицательным образом бактерии на поверхность.

В качестве заключительной фазы, после удовлетворительных результатов многочисленных экспериментов, было доказано, что биорегуляционная техника себя оправдала – были полностью удалены черные корки на складках мантии, которая окутывает череп скульптуры, представляющей Аллегория смерти мастера Джузеппе Лаззерини.

Выводы

Что касается экспериментальной фазы, можно сделать вывод, что полученные результаты были полностью удовлетворительными. Фактически, многочисленные анализы и сравнения с используемыми традиционными методами очистки подтвердили, что бактериальная активность не наносит вреда поверхности произведения искусства, и что данный метод не менее эффективен других.

Однако есть ограничения применения данного метода, как с точки зрения времени реставрации поверхности, так и практичности

применения биоформированного материала. Было отмечено, время удаления черной корки сильно зависит от её толщины. Стоит отметить, что данная проблема решается, если особо толстые корки подвергнуть физическому воздействию – в таком случае, общие временные затраты значительно снижаются.

Исходя из этого, можно с уверенностью сказать, что использование микроорганизмов в очистных операциях можно считать одной из реальных альтернатив использования химических веществ, в виду нетоксичности и экологичности применения биоматериала.

Чтобы понять, какие укрепляющие материалы лучше использовать в данной работе, мы сравнили классы неорганических консолидаторов: некальиды, этилсиликат и биоконсолидирующий материал.

Биоконсолидация направлена на восстановление матрицы материала камня через следующую реакцию (прошу внимания на слайд).

Это явление, определенное как биокальцификация или карбонатогенез, пытались воспроизвести в живых бактериальных клетках аэробных бактерий.

Как и в случае с биоочисткой, проведенные исследования в основном были сформулированы в двух фазах: первая, экспериментальная фаза, с серией испытаний и последующая практическая фаза уже непосредственно на реставрируемой скульптуре.

Методологический выбор заключался в проведении экспериментов для сравнения эффективности различных консолидирующих материалов. Испытания проводились на том же материале, из которого изготовлены реставрируемые скульптуры - известняковые возрастные глобигениновые биомикриты.

Такой выбор был обусловлен тем, что в образцах, как и в случае с материалом скульптур, была большая концентрация солей, нитратов кальция, что давало возможность провести исследования в условиях, максимально приближенным к реальным.

Выбор пал на биоконсолидирующий материал Biominéralisant Calcite производства парижской компании Amonit. Данному выбору предшествовало тщательное изучение литературы по этому вопросу. Первые исследования

осадка карбоната кальция с целью практического использования, датируются восьмидесятыми годами прошлого столетия, и во главе исследований стояли именно французские ученые. Во время своих исследований они разработали биотехнологии, основанные на использовании кальциногенных бактериальных штаммов (*Bacillus cereus*), который может создавать защитное кальцитовое покрытие на поверхностях

Запатентованный метод французских ученых состоит в распылении суспензии бактериальной на подготовленную, хорошо очищенную поверхность (распыление с низким давлением Biosal менее 2 бар). оказавшись на поверхности, бактерии периодически получают специальный питательный материал (Nutrical) и, таким образом, стимулируют осаждение карбоната кальция. Активность рассматриваемого метаболизма является гетеротрофной. В частности, в



этом случае задействованы свойства метаболизма, связанные с азотным циклом. Бактерии, которые колонизируют поверхность камня, покрывают каменную матрицу так называемым «биокальцином».

Этот слой, часто несколько микрометров, состоит в основном из смешанных бактериальных клеток экскреции карбоната кальция. Процедура предусматривает, что цикл реставрации должен быть проведен в течение четырех дней подряд. Микроорганизмы, чтобы выполнить свою задачу

биоокисления, нуждаются в питательной жидкости, поэтому важно держать влажной каменную поверхность на время работ. Минимальная температура в течение цикла реставрации должно быть не менее 7 ° С днем и ночью.

Экспериментальная фаза обеспечила ряд исследований и анализов по каждому образцу каменного материала, его состояния до и после применения консолидирующих продуктов.

Проведенные лабораторные испытания следующие (прошу внимания на экран)

Благодаря многочисленным тестовым испытаниям, были выявлены положительные и отрицательные стороны каждого из изучаемых консолидирующих материалов

Так, Этилсиликат использовался только для лабораторного сравнения: содержание нитратов внутри скульптур фактически исключили применение Силиката с самого начала эксперимента. Однако во время испытаний образцов карьеров, оказалось, что вещество эффективно очищает поверхность.

Фактически, поверхностная физическая когезия, оцененная с помощью теста Scotch Tape, показала явное улучшение по сравнению с результатами необработанных образцов, и параллельно с этим содержание соли поверхностных вод показывает увеличение химической сцепленности. С другой стороны, однако, испытания показывают, что вещество приводит к значительному уменьшению поглощения воды и насыщению поверхности, которое приходит к более темному оттенку поверхностных текстур. Складывая воедино результаты всех тестов, кажется, что продукт образует своего рода «экран», который препятствует попаданию воды, изменяя одну из физических характеристик камня, а именно высокую пористость. Очевидно, что вещество, используемое на известняке, создает решетку, которая заполняет промежуток между частицами, создавая барьер для жидкостей, таких как вода, как внутри, так и снаружи. Данный эффект отрицательно сказывается на долговечности камня.

Образцы, обработанные нанокальцием, не показали больших цветовых изменений поверхностных текстур, если не считать образцов, загрязнённых солями. Испытания показали, что вода на поверхности таких образцов впитывается ненамного меньше по сравнению с образцами с высокой концентрацией солей. Тест Scotch Tape также показал незначительное увеличение свойств физической когезии поверхности. Вышеуказанные результаты показывают, что у нанокальция довольно слабый консолидирующий эффект, и он не изменяет в должной степени химико-механических свойств камня. Природные свойства камня практически не изменяются, в виду чего слабо проявляются также и очищающие свойства материала; однако стоит признать, что у него отсутствуют и какие-либо отрицательные побочные эффекты при применении.

В образцах, обработанных Biomineralisant Calcite, поглощение воды значительно уменьшается, хотя и не так сильно, как в случае с силикатной обработкой. В биопреципитате, в соответствии с условиями окружающей среды образования, кальцит и арагонит (основные кристаллические полиморфы) можно четко различать вместе с ватеритом, который является наименее устойчивым. В тесте Scotch Tape Test, похоже, свойства физической когезии поверхности усилились. Однако при колориметрическом анализе обработка привела к существенному изменению цвета поверхности, которое заметно пожелтело – это было видно даже невооруженным глазом. Химический анализ концентрации ионной промывочной воды также зафиксирован в случае работы с образцами с крайне высокой концентрацией солей. Проведя серию анализов, было выяснено, что использование питательной жидкости для бактерий увеличивает концентрацию солей в камне. С другой стороны, вещество проявляет сильные консолидирующие свойства, что связано с работой микроорганизмов в сочетании с выделениями карбоната кальция, в результате создается своего рода «эффект крышки» на



поверхности камня. Этот эффект также проявляется при УФ-обследовании, где поверхностная флуоресценция очень сильная, что подчеркивает наличие биологических веществ.

Как результат, было принято решение не применять французский биоматериал при реставрационных работах.

В целом, после анализа всех этих испытаний, можно сказать, что использование микроорганизмов для восстановления произведений искусства представляет собой альтернативу традиционным методам, дальнейшие исследования могут привести к прекрасным перспективам развития биореставрации. Тем не менее, производственный процесс все еще слишком длинный, и затраты остаются очень высокими. Спасибо за внимание.

