

Санкт-Петербургский Государственный Университет

Факультет искусств

Код направления 54.04.04 «Реставрация»

ООП «Реставрация предметов изобразительного и декоративно-прикладного
искусства»

Цзинь Юйчэнь

Методы исследования и реставрации росписей в пещерах Могао. Дуньхуан

Научный руководитель:

Доцент кафедры реставрации

Торбик Владимир Сергеевич

Рецензент:

Художник – реставратор высшей категории

Рогозный Михаил Геннадьевич

Санкт-Петербург

2021

Содержание

Введение.....	5
Глава 1. Искусство и история пещер Могао в Дуньхуане.....	16
1.1 Строительство и упадок пещер Могао.....	18
1.2 Содержание росписей пещер Могао.....	21
1.3 Анализ ценности (историческая, художественная, научная ценность).....	30
Историческая ценность.....	31
Художественная ценность.....	33
Научная ценность.....	35
Выводы по главе.....	36
Глава 2. Исследование настенных росписей пещер Могао Дуньхуана.....	37
2. 1. Предварительное исследование состояния настенных росписей.....	37
2. 2 Мониторинг окружающей среды пещеры.....	41
2.2.1 Системы экологического мониторинга пещеры Могао.....	41
2.2.2 Мониторинг окружающей среды внутри пещеры.....	43
2. 3 Структура и материалы настенных росписей пещер Могао.....	45
2. 2. 1 Структура настенных росписей пещер Могао.....	46
2.2.2 Анализ пигментов настенных росписей в гротах Могао.....	48
2.2.3 Анализ связующего в красочном слое настенных росписей пещер Могао.....	52
2. 4 Основные виды повреждения росписи.....	54
2. 5 Изучение результатов предыдущих реставраций и новых повреждений в пещерах Могао.....	62

Выводы по главе.....	73
Глава 3: Реставрация росписей.....	74
3.1 Исследования разрушения росписей.....	74
3.1.1 Исследования поврежденных солями участков росписи в пещерах Могао.....	74
3.1.2 Исследования изменения цвета пигментов на настенных росписях...	82
3.2 Методы и материалы реставрации росписей в пещерах Могао.....	85
3.2.1 Технологии и материалы реставрации повреждений, связанных с отставанием от скалы глиняных слоев настенных росписей.....	88
3.2.2 Технологии и материалы при реставрации шелушений красочного слоя в пещерах Могао (укрепление красочного слоя).....	90
3.2.3 Технология и материалы для удаления солей из структуры росписи.	97
3.2.4 Технология и материалы реставрации настенных росписей, поврежденных солью.....	111
3.2.4.1 Реставрация глиняного штукатурного основания, поврежденного солями.....	111
3.2.4.2 Технология реставрации настенных росписей, удаление высолов.	118
3.2.4.4 Реставрация поврежденных солью настенных росписей - на примере пещеры № 98.....	123
1 Реставрация отставаний глиняной штукатурки в пещерах Могао...	123
2 Реставрация настенных росписей, удаление высолов.....	126
3.2.5 Анализ копоти от дыма и ее удаление с поверхности авторской живописи настенных росписей в пещерах Могао.....	129

Выводы по главе.....	135
Глава 4 Обессоливающий компресс для удаления солей из структуры живописи.....	136
Выводы по главе.....	142
Заключение.....	143
Приложения.....	147
Список литературы.....	170

Введение

Магистерская диссертация посвящена исследованию повреждений настенных росписей, материалов создания росписей и их консервации.

Актуальность исследования

Пещеры Могао являются объектом всемирного культурного наследия. В течение многих лет Научно-исследовательский институт Дуньхуана сотрудничает с отечественными и зарубежными научно-исследовательскими институтами для консервации и исследования пещер Могао.

Консервация росписей пещер Могао является трудным и сложным проектом сохранения их как недвижимых культурных реликвий. Повреждения росписей вызваны прежде всего неблагоприятной окружающей средой, а также хрупкостью самих материалов настенных росписей.

С середины прошлого века Научно-исследовательский институт Дуньхуана, ведет работы по реставрации настенных росписей, постепенно были выработаны научные методы. В настоящее время предлагается набор научных осуществленных методов реставрации.

Разработка и использование новых обессоливающих материалов и технологий реставрации проведенных в пещерах Могао дало хорошие результаты.

Русской литературы по реставрации настенных росписей Дуньхуана недостаточно. Существующая литература посвящена изучению Дуньхуана как памятника искусства.

Степень изученности проблемы

Первые публикации, посвященные проблемам сохранения росписей пещер Могао в Дуньхуане появляются, начиная с 1940-х годов. В этот период китайские академические институты и ученые начали организовывать экспедиции для исследования Дуньхуанских пещер. Они провели археологические исследования, картографирование. Описали содержание настенных росписей, провели фотографирование, исследования по династиям каждой пещеры и полученные данные опубликовали. Некоторые из этих материалов не были опубликованы в то время, их публикации появились в 1950-х и 1960-х годах.

1943 г. Хэ Чжэнхуан "Дуньхуан Могао существующие обследования пещеры" - первый опубликовал материал по описанию сюжетов пещер.

1995 г "Гроты Могао" Ши чжанру - посвящена изучение разнообразия пещерных форм и фотоматериалов.

В 1944 году в пещерах Могао был официально создан Дуньхуанский институт искусств (Предшественник Научно-исследовательского института Дуньхуана), который также является самым ранним учреждением, созданным в Китае для изучения пещер Дуньхуана. Они не только проделали большую работу по защите и копированию изображений, но и начали проводить всестороннюю очистку (пещеры Могао были захоронены под песком), исследование и нумерацию гротов Дуньхуана. Собралось много информации, из которой некоторые статьи были опубликованы.

В 1987 году в журнале "Технологии сохранения древностей"^[1] была опубликована статья «Исследование сохранения древних китайских росписей». В ней рассматриваются росписи некоторых династий, процесс изготовления настенных росписей, глиняные слои и методы создания настенной росписи. Описаны причины повреждения росписи и способы очистки и укрепления.

В статье «Исследование процесса изготовления росписи в древних китайских пещерах»^[2] описано, как с помощью оптической микроскопии, рамановской спектроскопии и сканирующей электронной микроскопии были проанализированы и исследованы пробы настенных росписей в различных областях. Результаты анализа показали, что используемые пигменты включают неорганические минеральные пигменты и синтетические пигменты, в подложках в основном использовались слой глины и слой грунта. Основа росписи в основном представляет собой гравийную породу или известняк. В качестве связующего использовались животные и растительные клеи, например, клей костный и мездровый, клей персика.

В статье «Обсуждение причин изменения цвета пигментов на росписях в пещере Могао в Дуньхуане»^[3] описано как на основе вышеупомянутого анализа цветоизменения пигментов был проведен X-дифракционный анализ типичных цветоизменяющихся образцов пигмента. Образцы коричневого цвета, по

^[1] Технологии сохранения древностей" , 1987(5), стр. 9-21

^[2] Ван Чуньян, Ли Ман, Ся Инь, Фу цяньли, Ван Вэйфэн, Цзинь Хайбинь, Реликвии и Музеология, 2014, стр. 74-81

^[3] Тан Юминь, Сунь Рудун, Исследование Дуньхуана, 1898(03), стр. 18-27

результатам анализа содержат в основном компоненты PbO₂, цвет пигмента темнее чем выше содержание PbO₂.

Статья «Исследование технологии реставрации настенной росписи в гротах Могао 85-я пещера, Дуньхуан» опубликована в исследовании Дуньхуана.^[4]

В ней рассматриваются характерные для росписей пещер дефекты, такие как отслоения фрагментов штукатурки. Одним из основных видов повреждения является отделение штукатурного слоя от скалы с образованием полостей.

Настенные росписи пещере №85 Могао в Дуньхуане.

Для выявления специфических особенностей отслоения глины, выбрали различные материалы, которые смешивали в различных пропорциях и проводили эксперименты. Материалы для инъектирования должны иметь отличную воздухопроницаемость, относительно небольшую усадку, короткое время высыхания, небольшой объемный вес, и хорошую работоспособность при использовании. Материалы должны быть похожи на глиняный слой штукатурки. Инъекционный материал состоит из трех частей - наполнителя, связующего и добавки.

По результатам экспериментов выбрали смесь глины из Дуньхуана, боросиликатного стекла, содержащего микросферы, натуральной пемзы, дистиллированной воды и яичного белка. Материал имеет отличную воздухопроницаемость, небольшой отношение линейных усадок, короткое время

^[4] Фан цайсюань, Стивен·Рикерби, Лиза·Шекеде, Цяо Хай, Тан Вэй, Ян Цзиньцзянь, Исследование Дуньхуана, Ланьчжоу, 2008, Вып 6, стр. 19-22

высыхания, небольшой объемный вес, и хорошую работоспособность при использовании.

После инъектирования большое количество воды попадает в структуру росписи, соль растворялась под действием воды, а затем кристаллизуется на поверхности слоя глины и пигментного слоя, повреждая росписи. Поэтому нужна была подготовка компресса для обессоливания. По результатам отработки методов, выбран обессоливающий компресс, который состоит из подкладки и деревянной плиты с отверстиями. Структура подкладки (в порядке снаружи внутрь): хлопковая бумага - слой защищает поверхности росписи от повреждений; Слои обессоливающего материала (Два слоя КС-Х60, в которых середина обессоливающие материалы; КС-Х60 с глиной); Буферный слой - обычно губка толщиной 2 см, ее роль заключается в защите росписи, в предотвращении повреждения поверхности настенной росписи под действием внешней силы;

Статья «Предварительное применение технологии инфракрасной визуализации при обнаружении инъектирования на отставаниях росписей в пещере 98 Могао» опубликована в исследованиях Дуньхуана^[5]

В ней описан метод инфракрасной визуализации. Расслоение росписи между основой и подложками появляется вследствие некоторой разницы в теплопроводности между расслаивающимися частями. С помощью инфракрасного тепловизора для изменения температуры поверхности стены, можно

^[5] Чжан Яньцзе, Ван Сюйдун, Го Цинлинь, Чжан Дэсюань, Ян Шаньлун, Чэнь Ю. Фань Цзайсюань, Исследование Дуньхуана, 2010(6),стр. 82-87

проанализировать размеры и положение расслаивающихся фрагментов росписи.

В статье «Предварительное исследование связующих материалов в пещерах Могао В Дуньхуане»^[6] описаны методы исследования клеев. Основным методом, который применялся - это высокоэффективная жидкостная хроматография (ВЭЖХ, англ. HPLC). Сделан вывод о том, что при изготовлении росписей Дуньхуана в качестве связующего в качестве пигмента использовался мездровый клей.

В книге «Исследование правил консервации древнекитайских настенных росписей»^[7] обобщены достижения нескольких поколений специалистов и ученых Дуньхуанского Научно-исследовательского института в области консервации и исследования древних росписей на протяжении длительного времени, в особенности, исследование результатов долгосрочного сотрудничества Дуньхуанский Научно-исследовательского института и Института сохранения Гетти США, а также Токийского научно-исследовательского института культурных ценностей, и других зарубежных научно-исследовательских институтов. В книге подробно излагаются полные программы консервации древних китайских росписей, включая программы и методы исследования. Среди них: Методы исследования повреждений росписи; Исследования по выбору материалов и технологий для реставрации росписей; Исследование по проектной спецификации плана консервации и реставрации; Исследование по правилам выполнения плана консервации древних росписей; Плановое техническое

^[6] Ли Ши, Исследование Дуньхуана, 1993(1), стр. 108-117

^[7] Ван Сюйдун, Чэнь гангцюань, Ван ванфу, Су Бомин, Исследование правила консервации древнекитайских настенных росписей, Пекин: Научная Пресса, 2013

обслуживание и мониторинг исследования спецификаций; Исследование программ и норм оцифровки древних росписей; Процедуры по консервации древних росписей.

На основе подробных исследований методов работы в сочетании с практикой Научно-исследовательского института Дуньхуана содержание каждой главы дает объяснение конкретного примера.

Книга «Консервация настенных росписей и полихромных скульптур гротов на великом шелковом пути»^[8] посвящена скульптуре и настенным росписям пещер Шелкового пути. В ней обсуждаются материалы и структура глиняных слоев настенных росписей и полихромной скульптуры пещер Шелкового пути; Исследование пигментов настенной росписи и пигментов полихромной скульптуры и стабильности пигментов; Анализ связующих материалов пигментов настенной росписи; Исследование основных повреждений настенных росписей; Влияние насекомых и микроорганизмов на сохранность настенных росписей; Влияние окружающей среды; Реставрация настенных росписей и скульптуры, реставрационные материалы и технологии; Снятие, перенос и восстановление настенных росписей.

В этой книге также представлена работа научно-исследовательского института Дуньхуана в сотрудничестве с институтом Гетти в США по восстановлению пещеры 85 в качестве примера "Принципов по охране культурных реликвий и памятников в Китае.

^[8] Ли Цзуйсюн, Консервации скульптур и пещер Шелкового пути, Пекин: Научная Пресса, 2005

Книга “Исследование источников воды и соли в фресках пещеры Дуньхуан Могао”^[9] посвящена анализу структуры настенной росписи и исследованию разрушений. Проведены исследования по геологическим характеристикам и стратиграфической геологии пещер Могао; Изучены содержание воды, солесодержание и проницаемость стратиграфической структуры в пещерах Могао. Описаны результаты анализа экологических характеристик пещер Могао и источников воды и соли которые вызывали разрушения росписей в пещерах.

Объект исследования: настенные росписи на глиняных штукатурках в пещерах Могао.

Предмет исследования: совокупность методов реставрации, исследований и их практическое применение при консервации настенных росписей в пещерах Могао в Дуньхуане

Цель работы

Выявление методик консервации росписей в пещерах Могао. Анализ и апробация методик консервации.

Задачи исследования

- Изучение научной литературы по избранной теме.
- Общий анализ структуры и материалов (включая пигмент и клей) настенных росписей пещер Могао.
- Выявление основных видов повреждений настенных росписей, и причины их

^[9] Го Цинлинь, Ван Сюйдун, Ян Шаньлун, Ли Цзуйсюн\ Исследование источников воды и соли в фресках пещеры Дуньхуан Могао\ Пекин: Научная Пресса, 2016

появления.

- Анализ развития методик реставрации и материалов настенных росписей, от ранних реставрационных работ до наших дней.
- Для апробации - провести удаление солей из структуры росписи с помощью обессоливающего компресса.

Метод исследования:

Исследование зарубежного и отечественного (китайского) опыта состояния стенных росписей пещер Магао; изучение свойств, качеств и состояния материалов росписей, проводимых с целью остановки процессов разрушения.

Анализ результатов различных методик в разное время используемых для консервации росписей.

Методика исследования: комплексная, что обусловлено выбором темы.

- Библиографические исследования.
- Иконографические исследования.
- Натурные исследования.
- Изучение аналогов и прототипов.
- Изучение результатов научных исследований, проводимых в пещерах Магао.

Научная новизна работы

определяется тем, что осуществлено комплексное изучение проблем.

- Впервые исследованы методики и материалы консервации росписей.
- Впервые предметом специального изучения стал подробный анализ результатов

используемых методик.

Практическая значимость работы:

Материалы диссертационного исследования направлены на разработку и внедрение апробированных методик.

Границы исследования:

Исследования по подобной проблематике не должны иметь границ, так как речь идет о спасении достояния мировой цивилизации.

На защиту выносятся следующие положения:

1. Настенные росписи пещер Магао являются достоянием нашей цивилизации.
2. Международное сообщество позволяет решить крупные проблемы, актуальные для памятников в разных частях света.
3. На защиту, кроме прочего, выносятся результаты апробации методики извлечения солей на одном из памятников Санкт-Петербурга.

Структура диссертации:

Диссертация представлена в одном томе, включающим в себя введение, четыре главы, заключение, список литературы, приложение. 1 глава «Искусство и история пещер Могао в Дуньхуане», 2 глава «Исследование настенных росписей пещер Могао Дуньхуана», 3 глава «Реставрация росписей», 4 глава: «Обессоливающий компресс для удаления солей из структуры живописи»

Общий объем текста 175 стр.; список литературы насчитывает 34 наименований;
количество иллюстраций 119.

Глава 1. Искусство и история пещер Могао в Дуньхуане.

Дуньхуан -это город-оазис, расположенный на окраине пустыни Такла-Макан.

Дуньхуан с древности представлял собой район проживания многих народностей.

Их представители занимались кочевым скотоводством, земледелием или и тем и другим одновременно, они совместно создавали богатую цивилизацию Дуньхуана.

Свидетельством этому выступают исторические документы, найденные во время раскопок.

Дуньхуан являлся транспортным узлом на Великом шелковом пути, он был также крупным торговым центром, точкой слияния разных мировых культур, и религий различных национальностей. Город имеет стратегическое положение, благодаря большому притоку людей, которые несут традиционные художественные принципы и ремесленные навыки, расцветет их экономики и культурное развитие.

Пещеры Могао в Дуньхуане - это самый большой и хорошо сохранившийся буддийский комплекс художественных пещер в Китае и мире. Они являют собой достижения буддийского искусства Китая с IV до XIV века, имеют большую историческую, художественную и научную ценность.

Пещеры комплекса Могао расположены на восточном склоне горы Миншашань, на западном берегу реки Дацюань, на расстоянии 25 километров от оазиса Дуньхуан в китайской провинции Ганьсу. Пещеры Могао, также известные как "Цяньфодун "- пещеры тысячи Будд. Они разделены на пять этажей, находящихся на высоте от 15 до 50 метров. Протяженность пещер с юга на север составляет 1680 метров. До наших дней в пещерах Могао сохранилось 735 пещер, из которых

492 пещеры содержат росписи и скульптуры. Общая площадь росписей 45000 квадратных метров, сохранилось 2415 раскрашенных фигур, кроме того сохранилось пять деревянных архитектурных конструкций - карнизы династии Тан и Сун, располагающихся в южном районе.

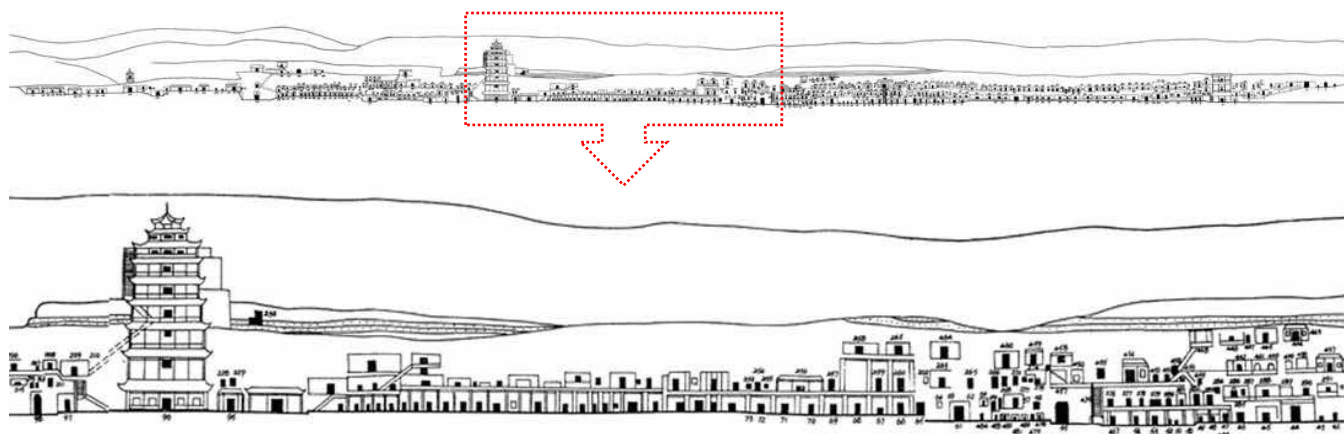


Рис. 1 Это южная часть пещер Могао в Дуньхуане.

В северном районе размещаются 243 пещеры, поскольку там нет ни живописи, ни скульптуры. Раньше они служили жилой зоной для художников, штукатуров и монахов. До 1988-1995 годов институт Дуньхуана проводил тщательное исследование Северной части пещер, проводились масштабные археологические раскопки. В ходе археологического исследования и раскопок было обнаружено большое количество культурных реликвий, включающих 48 деревянных наборных литер, содержащих старотуркское письмо, персидские серебряные монеты, медные кресты и т. д., а также большое количество китайских, монгольских, тибетских, уйгурских, санскритских, сирийских документов. Археологические находки подробно описаны в книге "Гроты Дуньхуан Могао в северном районе пещер"[28]



Рис. 2 Гроты Могао. Северный район.

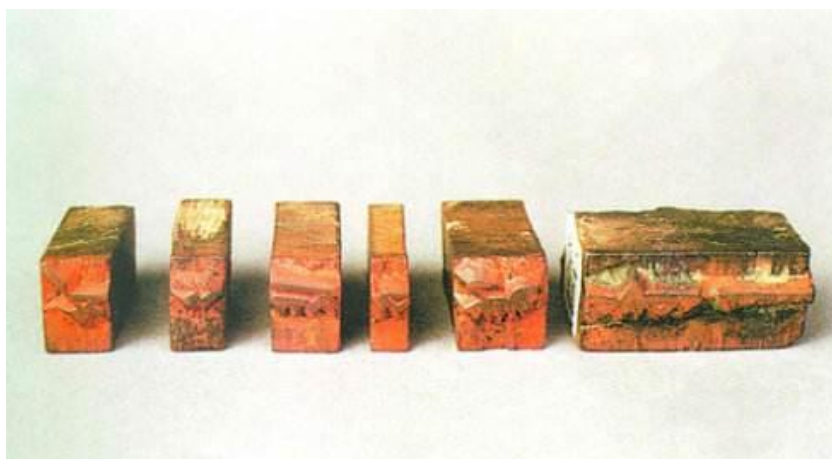


Рис. 3 Деревянные наборные литеры, содержащие старобуйгурское письмо.

1.1 Строительство и упадок пещер Могао.

Гроты Могао были основаны в 366 году н. э. странствующим монахом Юэ Цзунем. В этом месте у него было видение тысячи золотых Будд. Здесь он высек первую пещеру. Вскоре после этого другой монах, Фа Лян добавил вторую пещеру. Происхождение этого места прослеживается до этих двух монахов, по надписи на стеле династии Тан. Стела называется "восстановление буддийских храмов в пещерах Могао", найдена она в пещере № 332 Могао[1, с 108].



Рис. 4 Стела "восстановление буддийских храмов в пещерах Могао”.

Работы продолжались тысячу лет с начала 366 году н. э (династии шестнадцати варварских государств) до династии Юань (1271 - 1368).

В период Суй Благодаря потоку торговых караванов, идущих по Великому шелковому пути, оживляется торговля. Суйские Императоры Вэньди и Янди, ревностные буддисты, узаконили установление статуй Будды в каждой области страны. За короткие 37 лет правления династии Суй в гротах Могао было построено более 100 пещер и были восстановлены многие старые пещеры. [2, с.104]

За почти 300 лет правления династии Тан (618-907 гг.), в Могао было создано самое большое количество пещер. Историки обычно делят историю династии Тан на два периода ранняя и поздняя, начало “мятежа Ань Лушаня ”(755 г. н. э.) в качестве разделительной линии.

Во времена раннего периода династии Тан, благодаря процветанию Великого Шелкового пути, династия Тан контролировала всю территорию Синьцзяна и часть Средней Азии. Дуньхуан стал важным городом на Шелковом пути. Династия Тан была эпохой, когда буддизм пользовался большим уважением,

особенно в эпоху Танского Императора У Цзэтяньня. В гротах Дуньхуан (включая гроты Могао, гроты Юйлинь и Западный Цяньфодун¹⁰) появилось более 150 новых пещер. Есть также несколько пещер, в которых установлены огромные статуи Будды.

В 755 г в период Тан возник мятеж, вызванный борьбой за власть, который ослабил страну и на вершине политического успеха оказалось небольшое племя Турфань. Строительство в пещерах Могао не прекратилось. В это время здесь усилился буддизм тибетского толка — амидаизм и тантрический буддизм, которые возобладали над более распространенным буддизмом в то время в Китае. В течение этого периода было открыто 48 новых пещер, были восстановлены 28 пещер и еще построено 9 пещер, строительство которых завершилось только в ранней династии Тан.

В 848 г. Чжан Ичао руководил солдатами, которые прогнали правителя Турфань и вернули династию Тан. В пещерах Могао всего было открыто 7 новых пещер, а 11 пещер предыдущего поколения, были восстановлены.

Чжан Ичао и его наследникам удалось установить в Дуньхуане особую систему правления, фактически область была автономной, управлялась на протяжении почти 200 лет представителями различных кланов. В гротах Могао до династии Сун (960-1179), Чжан Ичао и его наследникам построили 39 пещер и восстановили 239 пещер. [2, с.130,174]

Со времен династий Сун и Юань (1271 - 1368) Морской Шелковый путь стал

¹⁰ Пещера Западной Тысячи Будд расположена примерно в 35 км к юго-западу от города Дуньхуан, провинция Ганьсу, на скале на северном берегу реки Партии, отделена от гротов Могао только горой Миншашань. Он назван в честь своего расположения к западу от гротов Могао - Цяньфодун(Пещера тысячи Будд), и древнего города Дуньхуан.

основным каналом, а Дуньхуан постепенно опустел. В период правления династии Мин о пещерах Могао постепенно забыли.

В 1900 года даосский монах Ван Юаньлук с другими расчистили от песка одну из пещер (пещера номер 16) и обнаружили “Цанцзиндун” (пещеру номер 17). Пещеры Могао вновь привлекли внимание.

В Цанцзиндуне сохранили картины на шёлке и бумаге, сутры не только буддийские, также конфуцианские, даосские; календари, книги по медицине, праву, музыке и танцам и многое другое.

1.2 Содержание росписей пещер Могао.

Благодаря тщательному изучению, систематизации, установке достоверности пещер Дуньхуана несколькими поколениями дуньхуанских ученых, постепенно узнавалось, раскрывалось и трактовалось содержание настенных росписей пещер Дуньхуана Могао. Настенные росписи передают богатое содержание и сложные сцены, являются очень важной частью искусства Дуньхуана. В пещерах Дуньхуана почти все стены и даже потолки украшены росписями.

Настенные росписи гротов Могао в Дуньхуане классифицируются по содержанию, в основном буддийские образы; рассказы буддийских историй; исторические рассказы о буддийских событиях; содержание буддийских канонов; декоративные узоры и дзаоцзин; образы донаторов и т. д. [3, с 7].

1. Буддийские образы

Будды, бодхисаттвы, отшельники, последователи, Четырех Небесных Царей и Конгорикиси, танцующие летящие апсары и другие божества буддийской религии

в основных являются объектами поклонения и привлекают наибольшее внимание в пещере. На стенах с небольшим количеством статуй или без статуй расположены их изображения. В ранний период были очень распространены изображения проповедующего Будды (обычно в группах). Ранние изображения проповедующего Будды, например, в пещере 248 (Западная Вэй), выглядят достойно, а многие стоящие по бокам Бодхисаттвы, созданы очень натуралистично. К сожалению, цвет кожи со временем потемнел из-за окисления свинца в красном пигменте.

Во времена Западной Вэй под влиянием искусства центральных равнин (столичного Китая) образы Будды и Бодхисаттвы приобрели новый облик (обрели новое лицо). Они носят одежду в китайском стиле, и их лица выглядят как лица идеальных китайских бессмертных.



Рис. 5 Пещера № 263 грот Могао.

В пещере 263 на южной стене помещены изображения трех проповедующих Будд (Рис.5). Эта настенная роспись была покрыта другой росписью, позже выполненной в Западной Ся (1036–1227). Верхний слой был удален, открыв нижнюю картину с яркими цветами. Из-за отслаивания от поверхности настенной

росписи, виден цвет рисунка, который является первоначальным цветом. Известен настоящий цвет и рисунок линий во времена Северной династии Вэй. Базовый цвет - красновато-коричневый, а блики - лазурно-синего цвета. Комбинация проста и отображает тон гармонии.



Рис. 6 Узор тысячи Будд, Пещера 263.

Мотив Тысячи Будд всегда был очень популярен. Обычно эти Будды имеют высоту 10-20 см, представлены в четырех разных цветах и рисунках и расположены в виде регулярного повторяющегося узора в каждом ряду. Эти изображения распложены в несколько рядов и заполняют большие площади стены. На рис. 6 показаны различные стили двух периодов. Зеленоватый оттенок (верхний слой) был нарисован в Западном Ся (1036-1277). Когда часть этого слоя была удалена, обнаружили оригинальную настенную роспись Северной Вэй (красновато-коричневая).

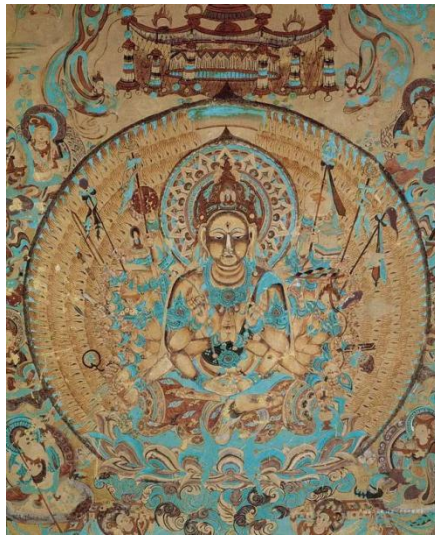


Рис. 7 Тысячерукая Гуаньинь, пещера 14.

Авалокитешвара (Гуань-инь, Бодхисаттва Безграничного Сострадания) - самый известный из Бодхисаттв. Он носит роскошную одежду и украшения, а иногда на его короне изображен Будда. Он выглядит как благородная женщина, а после династии Тан у него много женских качеств. Позже благодаря своему состраданию в предоставлении спасения всем страдающим существам, он даже становился главной темой (или изображением) на всей росписи. В буддизме Ваджраяны его форма с одиннадцатью головами, тысячами рук и тысячами глаз символизирует то, что он могущественен и может быть повсюду, чтобы помочь людям, находящимся в опасности (рис. 7).



Рис. 8 Один из Четырех Небесных Царей, на углах потолка. Пещера 108.

Другими популярными Бодхисаттвами являются Манджушри и Самантабhadра. В китайском искусстве они всегда появляются парами, по одному с каждой стороны от основной ниши или у входа. Со времен середины династии Тан, Кшитигарбха их изображение также было популярным. Есть также фигуры Четырех Небесных Царей и Конгорикиси, которые защищают четыре стороны земли, они всегда стоят по краям росписи или за пределами ниш, или во фризе росписи. После пяти династий Четыре Небесных Царя стали настолько популярными, что их изображали по четырем углам потолка, чтобы они заботились о пещере и их приверженцах (Рис. 8).

2 Буддийские притчи - истории о Будде.

Появились в Западной Вэй. Способ выражения разно варьируется: одна тема, группы, эпизоды, гигантские иллюстрации сутр (буддийский канон). В ранний период это темы о истории жизни Будды, биография Шакьямуни его предыдущих жизней (известные как Джатаки).



Рис. 9 Великое отречение (пещера 329, Ранняя Тан).

Шакьямуни выделен на переднем плане с небольшими горами на заднем плане. Эти росписи красивые, но обычно плоские, без трехмерного эффекта. В жизнеописании Шакьямуни обычно восемь сцен, каждая из которых может быть самостоятельной темой росписи. Самые популярные из них: зачатие, в котором Бодхисаттва (будущий Будда) торжественно едет на слоне, спускающимся на землю; Великое отречение, в котором принц Сиддхартха едет на лошади, как будто летит, чтобы покинуть дворец своего отца в поисках смысла жизни (Рис 9); В росписи Просветление и поражение Мары (Рис. 10), Шакьямуни подвергается нападению со стороны Мары (царя демонов), его вооруженных солдат и трех прекрасных дочерей, которые символизируют всевозможные иллюзии. Страх и искушения в конечном итоге покоряются, и он достигает просветления. Он сидит спокойно, левой рукой в медитативной мудре и в правой руке, держащей мантию. Настенные росписи имеют богатые и сложные сюжеты, компактные композиции и энергичные линии.



Рис. 10 Момент Просветления (пещера 254, Северный Вэй).

До Северной Вэй на одной росписи изображены несколько сцен одной истории.

Затем композиция была изменена на китайский стиль со сценами в горизонтальных рядах, похожими на традиционную роспись свитков. В пещере 290 эпизоды из 87 сцен жизни Будды были нарисованы на обоих склонах двускатного потолка (Рис. 11). Рисунок четкий и плавный, а цвета простые и мягкие, со зданиями и ландшафтом, разделяющими сцены и в качестве фона. Это лучшая роспись иллюстрирующая всю жизнь Будды в ранний период[4].



Рис. 11 На восточном склонах потолка(пещера 290,Северный Чжоу).

3. Содержание буддийских канонов

Большие настенные росписи, созданные китайскими художниками на основе священных книг буддийского учения. Росписи изображали религиозные каноны, облегчая понимание длинных и сложных сутр. Самые популярные из них посвящены лotosовой сутре, вималакирти нирдеша сутра, махапаринирвана-сутра и сутра Будды Амитобы, сутра Будды Медицины, сутра Будды Майтрейи.

4. Декоративные узоры и дзаоцзин.

Декоративные узоры богаты и полны фантазии, без богатого декоративного узора настенных росписей гроты Могао выглядят не полными.

Декоративные узоры в настенных росписях гротов Могао включают в себя узор

Цзаоцзин¹¹, декоративный узор света позади Будды¹², декоративный узор бордюра, декоративный узор одежды.

Орнамент в ранних пещерах Дуньхуана Могао включает в себя в основном геометрические фигуры и изображения животных, большинство их более простые, в изображении животных преобладают драконы и тигры. В середине настенной росписи узор в основном состоит из извилистых стеблей, покрытых различными цветами, листьями, фруктами, такими как лотос, виноград, гранаты и так далее.

В позднем периоде декоративные узоры настенных росписей пещер Могао более красочны, чем предыдущие стили и узоры, в основном отражены в рисунке Цзаоцзин.

Лотос, одна из самых важных метафор в буддизме, является наиболее распространенным узором на настенных росписях в Дуньхуане. Цветы растут в грязных прудах, но чистые и красивые. Это символ трансцендентности и очищения.



Рис. 12 Цзаоцзин пещеры Могао 401.

¹¹ Потолок пещер в Дуньхуане декорирован особым псевдо-конструктивным элементом, визуально увеличивающими внутреннее пространство храма и делающим его выше. В Китае он называется «Цзаоцзин» (藻井).

¹² нарисован узор на позади Будды, свет Будды (брокенский призрак), украшение на настенных росписей за статуей Будды

В центре Цзаоцин пещеры находится восьмилепестковый цветок лотоса, нарисованный вокруг лотоса с танцующими летящими апсарами, фениксом и другими четырьмя мифическими животными. Периметр квадрата украшен птичьим узором в виде жемчужной нити.

5. Образы донаторов

Жертвователи-это люди, которые платят деньги за строительство пещеры, и они почти все приверженцы буддизма.

Изображения кормильца очень важны в пещерах Могао, так как они составляют огромную долю настенных росписей. Основной мотив пожертвования - получение заслуг. Для собственного благополучия и счастья и в качестве альтернативы, он может быть передан другим, например, умершим родителям для спасения их душ или членам семьи, чтобы все могли воссоединиться в раю.

Строительство пещеры финансировалось за счет пожертвований группы монахов или одной семьи. Во многих пещерах есть образы донаторов с надписями. Поэтому можно было бы определить их имена, происхождение и звания, заслуги и т. д. Однако эти изображения, демонстрирующие современный, идеализированный вид, не были реалистичными изображениями донаторов.



Рис. 13 Образы донаторов в пещере 61.

Например, изображение донатора на настенной росписи в пещере 61-это образ женщины из семьи Цао Юаньчжун (чиновник, вооруженные силы Дуньхуана). Размер изображения одежды, украшения и т. д., позволяют судить о личности и социальном статусе каждого человека. [5, с.46].

1.3 Анализ ценности (историческая, художественная, научная ценность).

Чтобы провести анализ ценности древних настенных росписей, во-первых, нужно собрать много информации, в том числе литературных и археологических материалов, разобраться в предыстории древних настенных росписей той эпохи, в авторстве, материале, художественном стиле и прочей базовой информации. Во-вторых, для оценки необходимо объединить знания истории, археологии, искусства, религии, философии и социологии.

Древние настенные росписи являются важной частью культурного наследия человечества. Чтобы понять древние росписи, надо сначала понять их ценность. Обычно древние настенные росписи имеют историческую, художественную и

научную ценность.

Историческая ценность.

Историческая ценность - это основная ценность древних настенных росписей, отраженная в очевидных характеристиках эпохи, содержащая все ее аспекты.

Древние настенные росписи обычно выполнялись в храмах, официальных зданиях и гробницах. Зачастую изображения связаны с определенной стадией развития человеческого общества, и являются историческим аспектом, участвующим в развитии и эволюции человеческого общества. Они фиксирует этот исторический факт, отражающий важные события или важных людей, отражают уровень материального производства, а также образ жизни, идеи, обычаи и привычки людей определенного исторического периода.

Пещеры Могао представляют высокие достижения китайского буддийского искусства в IV - XIV веках нашей эры. Они четко отражают процесс китаизации буддийского искусства. Они содержат уникальную информацию о внедрении и развитии буддизма в Китае. Пещеры Могао являются одним из важнейших исторических и культурных объектов на "Великом Шелковом пути". Они являются важным свидетелем культурного обмена и слияния Китая и Запада в 4-14 веках нашей эры. В пещере Могао "Цанцзиндун" (пещера №17), обнаружили более 50 000 документов, вышивок; картин на шёлке и бумаге и так далее; сутры не только буддийские, а также конфуцианские, даосские, христианские; манихейзм; календари; еще книги по медицине, праву, музыке и танцам и многое другое. Они содержат религиозную, этническую, культурную, историческую и другую важную

и редкую информацию с 4 по 10 век нашей эры. Дают важную историческую информацию, для изучения истории Дуньхуана и истории Западного края. [6, с.2].

В 848 году нашей эры, знатный (чиновный) род Дуньхуана - Чжан Ичао, возглавляя народ шачжоу (ныне город Дуньхуан) прогнал династию Тубо (Тибет, 7-11 века н. э.), вернул районы Дуньхуана и коридор Хэси¹³, занятые Тубо в течение многих лет (потерянные земли в династии Тан), чтобы сохранить национальное единство. Снова был открыт шёлковый путь. В 851 году Тан Сюаньцзун (девятнадцатый император династии Тан в 846—859 гг.) назначил Чжан Ичао – Цзедуши командующим армии коридор Хэси. Он возглавил армию, расквартированную в Шачжоу (Дуньхуан). Потомственные дворяне строили пещеры и делали скульптуры в Могао. Такие пещеры как 9, 12, 85, 94, 138 и другие пещеры являются “пещерами их заслуг”.

Буддизм в Дуньхуане завоевал поддержку чиновников и веру народа. Буддизм завоевывает популярность, а Хуньбянь стал лидером буддийских монахов Дуньхуана. Поэтому в поздней династии Тан всего за 66 лет в Могао было построено в общей сложности почти 100 пещер, из которых более 80 были новыми, в том числе №№ 85, 12, 94 и другие большие пещеры, создав чудо пещерных храмов в истории Могао.

Пещера 85 в Могао называется «Пещерой семьи Чжай». Она была построена семьей Чжай во главе с Чжай Фаронг в 862-867 гг. Чжай Фаронг сменил Хунбяня в качестве лидера буддийских монахов в Дуньхуане. Сейчас "каменная стела

¹³ Коридор Хэси (Ганьсуйский коридор) цепь узких впадин, протягивающихся вдоль северных подножий хребтов Наньшаня в Китае. В форме коридора, отсюда и название, является частью Великого Шелкового пути.

семьи Чжай" является памятником заслуг, на котором записана история строительства Чжай Фаронг пещеры 85 и содержимое скульптуры и настенных росписей в пещере. [7, с 357]

Художественная ценность.

Сама древняя роспись имеет специфический художественный характер. Древние настенные росписи часто использовались для религиозного культа. Это символическая форма человеческой религиозной мысли и эмоций имеет функцию выражения эмоциональной художественной ценности. Выражается главным образом в художественном моделировании, художественном самовыражении, приемах художественной выразительности, использовании цвета, лирических приемах, а также в создании религиозной художественной концепции, интерпретации религиозных учений и других аспектах.

Пещеры Дуньхуан Могао - один из самых ярких памятников художественного и культурного наследия Китая. Непрерывное строительство пещер Могао предоставляло богатый материал для обмена, слияния и развития художественных стилей Китая и зарубежных стран и показывает историю развития древних китайских художеств. Существует много типов росписи пещер Могао, таких как портреты, пейзажи, картины с животными и орнаментальными картинами, которые имеют важное исследовательское значение, особенно работы до 10 века.

В пещере Могао Цанцзиндун сохранились многие литературные произведения IV - X веков нашей эры - стихи, проза, романы, бяньвэнь¹⁴(Bianwen), песни и т.д.

¹⁴ Бяньвэнь, создавались для пропаганды буддизма и сводились к популярному изложению буддийских сутр

Произведения имеют высокую литературную и художественную ценность. Они показывают искусство каллиграфии различных документов того времени и служат важным информационным материалом для изучения процесса развития древнекитайской литературы.

В этот период, благодаря восстановлению Великого Шелкового пути, район Шачжоу (Дуньхуан) возобновил обмены с центральным Китаем и западными странами. Искусство пещер Могао в эту эпоху (поздняя Династия Тан) также сформировало свои уникальные характеристики, то есть находилось под влиянием центральных китайских стилей, а также имело отпечаток стиля Тубо и местного стиля Дуньхуана. Так что в эту эпоху (поздняя Династия Тан) искусство пещер Могао сформировало свои уникальные характеристики.

Пещера 85 в Могао является ярким образцом искусства поздней династии Тан. Она имеет особую художественную ценность, которая в основном выражается в том, что росписи богаты темами, изменчивым стилем, с очевидными характеристиками того времени.

Настенные росписи пещеры № 85, содержание которые взято из буддийских священных писаний, представляют разные школы буддизма. Только в главной комнате написано 15 крупномасштабных картин. В коридоре написано 26 портретов донаторов. Общая композиция настенных росписей в пещере компактная и плотная, что дает людям законченный, великолепный, богатый, художественный эффект.

Росписи выполнены в стиле периода среднего Тан (период Тубо), с очевидными характеристиками того времени, например, на росписях встречается изображение

Вималакирти Нирдеша Сутра, которое в период среднего Тан занимало первое место среди князей различных этнических групп. Изображения тибетских царей исчезли с настенных росписей. Пещерные росписи - это буддийское искусство, выражающее буддийские учения и буддийское содержание, однако, в поздней династии Тан в пещерах Доньхуана начали появляться некоторые росписи, содержание которых не связано с буддизмом, например, “брачная картинка”, “земледелие” и так далее. Встречается много сюжетов о жизни людей, например, охота, изготовление фарфора, занятия акробатикой и т.д.

Научная ценность.

Важные научные и технологические материалы представлены в настенной росписи. Они отражают уровень производительности труда и науки, техники своей эпохи, что определяет научную ценность настенных росписей.

Настенные росписи пещеры Могао представляли информацию для понимания социального образа жизни древнего Китая (например, браки, похороны, музыка, танцы, спорт и т. д.). Росписи пещер Могао также дают богатую информацию о древней китайской науке и технологиях (например, сельское хозяйство, медицина, астрономия, математика, транспорт, печать и т. д.). Также они демонстрируют многие важные древние технологические достижения, такие как самая ранняя ксилография Китая «Алмазная сутра».

Благодаря росписи показана реальная жизнь людей династии Тан. Они являются важным документом для исследования истории феодального общества Китая, его культуры, политики, экономики, науки и техники. А также религии, архитектуры,

транспорта, одежды, музыки, танца, народного искусства и т.д. Изображения несут чрезвычайно ценную информацию. На настенных росписях пещеры №85 есть надпись из буддийских священных писаний. Сохранилось много описаний содержания настенных росписей. Эти редкие данные используются для исследования буддийских текстов. [6, с.3]

С 1987 года комплекс гротов Могао включен в список Всемирного наследия ЮНЕСКО.

Выводы по главе.

В этой главе кратко рассказывается история строительства гротов Могао в Дуньхуане, основное внимание уделено пяти распространенным типам настенных росписей в гротах Могао, классифицированных по содержанию, а также примеры описания искусства и характеристики эпохи. Эти пять типов: буддийские образы; рассказы буддийских историй; исторические рассказы о буддийских событиях; содержание буддийских канонов; декоративные узоры и дзаоцзин; фигуры донаторов;

И исследование содержания росписей, включающих в себя историю, политику, религию, археологию и искусство для проведения оценки ценности настенных росписей гротов Могао (историческая, художественная, научная ценность).

Глава 2. Исследование настенных росписей пещер Могао Дуньхуана.

Исследование состояния древних настенных росписей дает основную информацию для ее консервации, и может послужить основанием для последующих консервационных и реставрационных работ. Исследование состояния сохранности осуществляется с помощью исследования пещеры, текущего состояния окружающей среды, измерений, записи и обработки информации, анализа данных текстовой и графической информации. Использование соответствующих оценочных показателей или систем в сочетании с оценкой ценности, позволяет составить программу консервационных и реставрационных работ. Поэтому, результаты обследования напрямую влияют на последующий результат консервации и реставрации.

2. 1. Предварительное исследование состояния настенных росписей.

Предварительное исследование состояния настенных росписей производится путем изучения объекта в ходе полевых исследований и поиска исторических документов. Поскольку причинами разрушений настенных росписей могут послужить многогранные факторы, необходимо полностью собрать информацию, чтобы вынести правильное суждение и найти способ реставрации. Эти данные могут послужить информативной основой для позднего детального исследования настенных росписей и анализа материалов.

В качестве примера было проведено предварительное исследование пещеры номер 85:

2. 1. 1. Картографирование.

Пещера 85 является большой пещерой, она была построена в поздней династии Тан. Тип пещеры – потолок в форме перевернутой воронки. В центре пещеры алтарь. Пещера состоит из трех частей и главной комнаты. Пол выложен цементным кирпичом, площадь настенных росписей составляет 316, 04 м².

Обмеры. План и разрез пещеры. Карта используется в соотношении 1: 100. На ней представлен план и разрез пещеры. Разрез, показывающий главную камеру с усеченным пирамидальным потолком, коридором и частичными остатками прихожей.

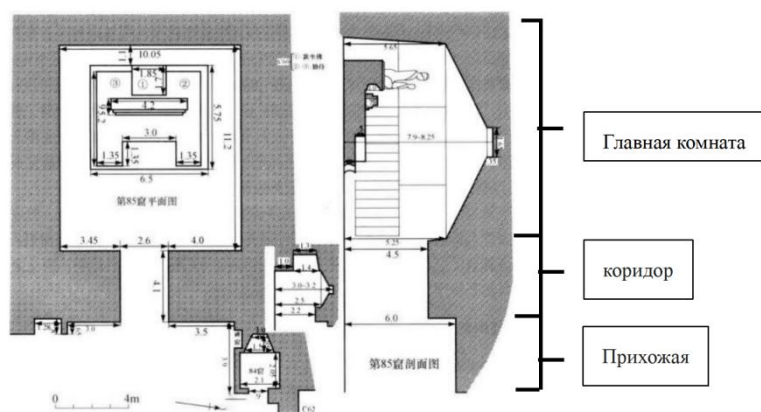


Рис. 14 Могао. Пещера 85. План и разрез.

2. 1. 2 Фотофиксация.

Для фотофиксации пещеры Могао использовали традиционные пленочные камеры.

Например, в пещере №85 сделано в общей 523 фотографии. Метод съемки состоял в разделении росписи на участки и съемке каждого участка (по порядку съемки сделана нумерация). При фотофиксации использовалась одна и та же камера, освещение и последовательность съемки. Расстояние между объективом камеры и росписью составляет 140 см, а диапазон съемки - 85 см в ширину и 110 см в

высоту. Съемка с помощью камеры Nikon D90, освещение двумя лампами (каждая 1000 Вт), каждая фотография имеет аннотацию, в которой указаны номер и дата.



Рис. 15

С совершенствованием технологий цифровой фотографии для фотофиксации в пещерах Могао в настоящее время используют методы цифровой фотографии.

2. 1. 3 Картограмма.

Традиционный способ изготовления картограммы - использование увеличенной черно-белой фотографии в качестве подосновы. Результаты наблюдений за состоянием разрушения настенных росписей фиксируются на снятых кальках.

(Рис. 16)



Рис. 16

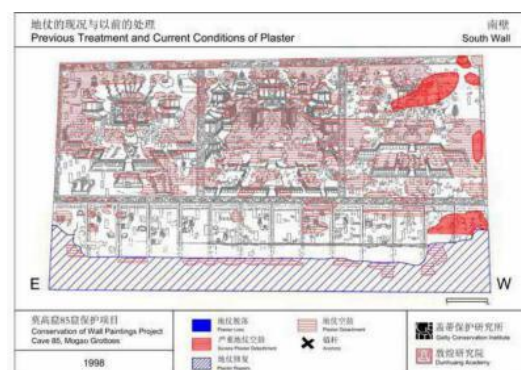


Рис. 17

А теперь, с помощью программного обеспечения AUTOCAD производится цифровая обработка для создания картограмм. (Рис. 17)

Результаты обследования состояния настенных росписей показывают, что в пещере №85 росписи имеют очевидную тенденцию ухудшения. Глиняный слой отделяется от скалы, появляются высолы и шелушение красочного слоя.

В 1974 году в пещере №85 была проведена реставрация. Ее результаты можно сравнить с фотографиями, сделанными в 1959, 1973, 1986 и 1998 годах. После реставрации в 1974 году только верхняя часть восточной стены главной камеры была стабильной, а большая часть остальной росписи стены имела высолы.

Главная комната южной стены: В нижней части росписи высолы, (белые кристаллы соли), а в западной части росписи шелушение красочного слоя.

Северная стена: На западной части росписи возникает серьезная полость, наблюдается расслоение, высолы и шелушение красочного слоя.

Западная стена имеет самые серьезные повреждения. Наблюдается большая площадь расслоения настенных росписей. На верхней части южной стороны образование полости, в которой глиняный слой имеет высолы. Красочный слой западной стены росписи подвержен сильному шелушению.

Между 1986 и 1998 годами, в западной, южной и северной стене на глиняном слое настенных росписей появились высолы и шелушение красочного слоя. В частности, в течение трех месяцев июня, июля и августа 1999 года ситуация резко ухудшилась. На южной и северной стенах главной камеры появились высолы, пигментный слой отваливается. На полу юго-западного и северо-западного углов обнаружены отвалившиеся фрагменты пигментного слоя и глины.

2. 2 Мониторинг окружающей среды пещеры.

Внутренние причины повреждения настенных росписей - это повреждения материалов и структурных характеристик росписи; внешняя причина - это влияние окружающей среды на росписи. Поэтому увеличение объема исследований окружающей среды, в которой находятся росписи, и создание разумной эффективной системы экологического мониторинга имеют важное значение для консервации.

2.2.1 Системы экологического мониторинга пещеры Могао.

В 1989 году Научно-исследовательский институт Дуньхуана установил первую автоматическую станцию метеорологического мониторинга на вершине пещеры Могао, которая в основном контролировала метеорологические характеристики окружающей среды на вершине пещеры и верхней части скалы. В 1999 году перед пещерой 72 была установлена метеостанция, и началось исследование метеорологической среды пещер Могао. Целью создания метеостанции является предоставление данных для анализа экологических различий внутри и снаружи пещеры; сравнение экологических различий между вершиной пещеры и районом пещеры Могао. Накоплено много данных об окружающей среде пещеры Могао.

Для экологического мониторинга пещеры Могао выбрали метеостанцию CR10X производства компании "Campbell". Все вспомогательные контрольные зонды производятся компанией VASALA. Метеостанция в Могао в основном контролирует температуру воздуха, температуру поверхности, относительную влажность, скорость ветра, направление ветра, количество осадков, интенсивность

солнечного света, давление и другие факторы окружающей среды. Метеостанция 24 часа проводит непрерывно измерения и хранение данных. Формат хранения данных dat-файл, данные записываются раз в 15 минут. Данные могут быть подключены к компьютеру метеостанции, и загружаться через беспроводную передачу, можно просматривать данные в режиме реального времени в любое время[12,с 59-60].

Окружающая среда Гротов Могао характеризуется большими перепадами температур, малым количеством осадков, большим испарением, засушливым климатом, сильным ветром с перемещением песка, а также типичным континентальным климатом.

Среднегодовая температура в пещерах Могао составляет 10.3 °С, самая высокая температура - 40.6 °С, а самая низкая - 31 °С; средняя годовая влажность составляет 32%, а годовое количество осадков составляет 23 мм, которые концентрируются летом, что составляет 58 % года. Среднегодовое испарение составляет 3479 мм.[13]

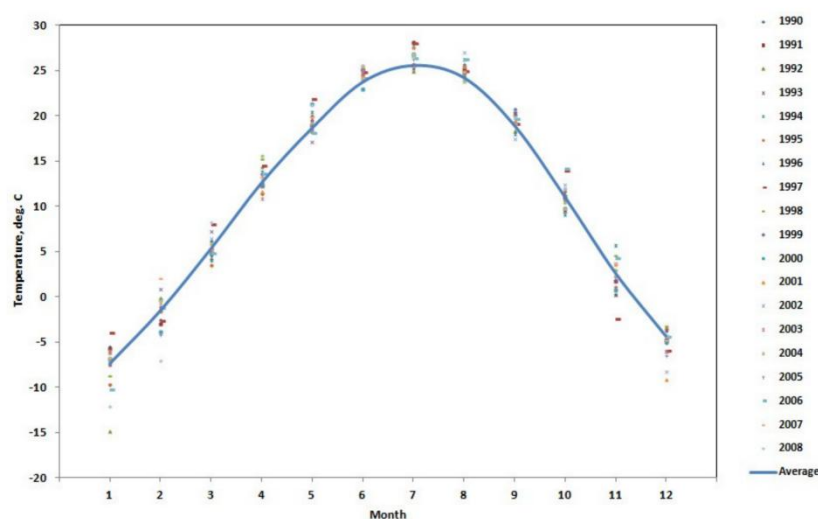


Рис. 18 Среднемесячная температура пещер Могао в период с 1990 по 2008 год.

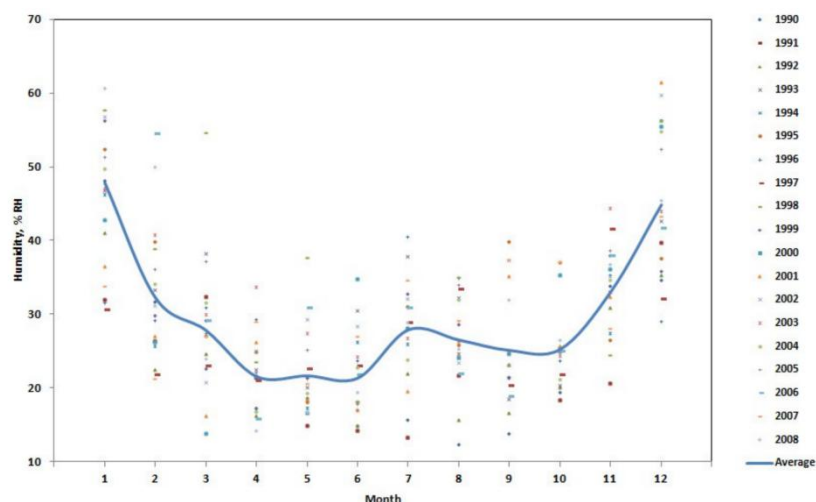


Рис. 19 Среднемесячная относительная влажность пещер Могао в период с 1990 по 2008 год.[15,с.49]

В последние годы общая тенденция к выпадению осадков увеличилась, но повышение температуры и солнечного света привело к увеличению испарения, тенденция засухи становится все более очевидной. Учитывая такие особые климатические условия, это положительно влияет на сохранение в гротах Могао скульптур и настенных росписей. Засуха приводит к снижению влажности воздуха. С одной стороны, это уменьшает растворение соли в структуре росписей, и производит ее кристаллизацию в структуре настенной росписи, что позволяет избежать повреждения настенных росписей; С другой стороны, это уменьшает образование плесени на поверхности росписи. [14, с.308]

2.2.2 Мониторинг окружающей среды внутри пещеры.

Научно-исследовательский институт Дуньхуана в 1989 году в пещере 85 создал станцию экологического мониторинга. Выбор пещеры 85 был обусловлен наличием в ней серьезных повреждений настенных росписей, имевших различный характер. Эти повреждения наглядным образом отражали ряд проблем,

которые необходимо было изучить для предотвращения причин, вызывающих повреждения. Для мониторинга окружающей среды пещеры №85 используется автоматическая система метеорологического мониторинга, предоставленная Институтом охраны природы Гетти. В основном она состоит из следующих частей: центральный контроллер CR10, память данных SM714, система радиосвязи; эта система может быть подключена к различным датчикам температуры, относительной влажности, температуры стен, определения уровня углекислого газа и т. д. Режим работы мониторинга данных и их хранения до передачи контролируется компьютером. Мониторинг имеет высокий уровень автоматизации. [7, с.360]

Анализ результатов мониторинга.

Благодаря непрерывному экологическому мониторингу пещер почти за 4 года, получен большой объем данных для проведения необходимой статистической и картографической обработки. В сочетании с имеющимися данными экологического мониторинга анализ и исследования экологических характеристик и метеорологических закономерностей в пещере 85 включают: анализ данных экологического мониторинга пещеры 85; определение тенденций ежегодных изменений экологических данных; влияние осадков на окружающую среду в пещере; мониторинг и анализ влажности скалы; взаимосвязь водных паров в пещере и осадков; изменения в активности подземных вод.

По результатам анализа:

В нынешних условиях на поверхности пола пещеры, глиняной штукатурки и поверхности скалы воды в жидком состоянии не образуется. Вода в основном в

газообразном состоянии. Два фактора, влияют на изменение газообразной воды, именно оросительная вода перед пещерой и осадки. Оросительная вода просачивается в землю из передней части пещеры и продолжает течение к пещере (грунтовая вода), превращается в газообразную воду и опускается на поверхность пола пещеры. Осадки просачиваются в скальную породу и испаряются.

Экологический мониторинг пещеры, помогает понять состояние воды и распределение повреждений пещеры. Западная стена пещеры имеет серьезные повреждения, возможно они вызваны большим накоплением солей в глинистом слое, или скала западной стены дала трещину. Это требует дальнейшего обнаружения и исследования. [7, с.371]

2. 3 Структура и материалы настенных росписей пещер Могао.

Существующие аналитические исследования настенных росписей в Китае показали, что в разные периоды и в разных регионах материалы настенных росписей различались, но в них обычно использовались местные материалы.

Исследования пещер Могао показали, что основным материалом является глина^[15], содержащая небольшое количество песка, хлопка, пакли, соломы и других волокон. Их роль состоит в том, что, с одной стороны, поверхность настенных росписей становилась гладкой и нежной, с другой стороны, эти добавки делают

^[15] Глины. Раньше Глины добывали в реке Могао Дуньхуан, их называли чэнбан земли, в этой глине очень мало примесей и очень мелких частиц, обычно размер между 0.001 мм-0.005 мм. В настоящее время все осадочные грунты, которые отвечали этим техническим требованиям, называются почвой Чэнбан. Глина является одним из важных материалов для восстановления разрушенных настенных росписей и скульптур Дуньхуана.

росписи относительно безопасными для крепления к стене, предотвращая растрескивание, усадку и деформацию [16].

2. 2. 1 Структура настенных росписей пещер Могао.

Пещеры Могао - первая форма пещеры, вырубленная в скале. Каменная поверхность пещеры является основой настенных росписей в основном включает в себя гравийную породу (Конгломерат).

Следующий - Глиняная штукатурка. Глиняная штукатурка настенных росписей разделена на два слоя, нижний слой - слой глины. Делали два слоя, даже три слоя, они назывались грубым слоем глины, затем, слой глины, состоящий из очень мелких частиц и “тщательный” слоем глины. Верхний слой называется слоем грунта.

Последний слой - это красочный слой, часть рисунка, нарисованная над слоем подложки. Этот слой является самой важной частью росписи.

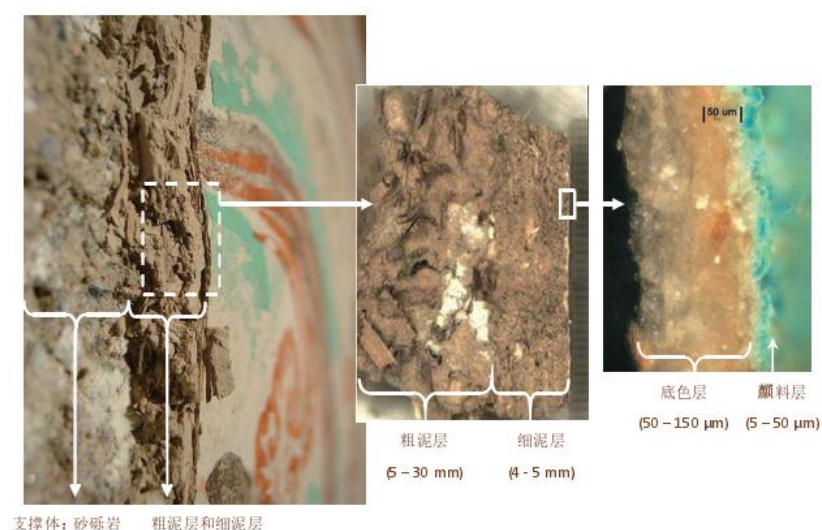


Рис. 20 Структуры настенных росписей пещер Могао.

Ранние росписи некоторых глиняных штукатурок имели только глиняный слой.

Обычно грубый глиняный слой толщиной 2~3 см, мелкий глиняный слой толщиной 0,5~1 см, грунт толщиной 0,02 см. Глины содержат определенное количество мелкого песка. Грубый слой глины имеет низкое содержание песка, а мелкий слой имеет более высокое содержание песка. Кроме песка, грубый слой глины получался путем смешивания глины с соломой; Мелкий слой глины получали из глины с добавлением мелкого песка, мелко изрубленной конопли (пакли). “Тщательный” слой глины появился позднее, он состоит из глины, мелкого песка и хлопка [16, с.81]. После этого поверхность покрывалась раствором с желатином и квасцами. Слой грунта включает белый минеральный пигмент, известь, гипс, каолин, тальк или их смесь, а также слой грунта с добавлением хлопка.

В древних китайских росписях используются природные минеральные краски, натуральные растительные краски и искусственные краски. Природные минеральные краски: поскольку этот тип пигмента получают за счет прямого использования исходного цвета минерала, он относительно прочный и не меняет цвет. Например, киноварь, азурит, охра, сажа. Растительные краски: кармин, цианин - они легко линяют.

В процессе производства пигмента, был включен определенный клей, чтобы добиться адгезии минерального пигмента к стене. Связующие материалы настенных росписей Дуньхуана были исследованы с помощью высокоэффективной жидкостной хроматографии для анализа состава аминокислот и расчета степени сходства состава. По результатам в Могао в качестве связующего использовали клей из кожи животных (мездровый). Наиболее часто

встречающийся клей из воловьей кожи. Этот животный клей до сих пор сохранился в основном неповрежденным, процесс старения и разложения не является серьезным, его можно легко обнаружить. Старение некоторых клеев приводит к выцветанию росписи. Такие цементирующие материалы могут быть вовлечены в обесцвечивание некоторых медьсодержащих пигментов.

2.2.2 Анализ пигментов настенных росписей в гротах Могао.

Провели два более подробных и систематических анализа росписей гротов Могао. В первый раз это было в конце 1970-х годов, когда научно-Исследовательский институт Дуньхуана и научно-исследовательский институт красок Ланьчжоу сотрудничали. Метод рентгенофлуоресцентного анализа и метод рентгеноструктурного анализа были использованы для анализа пигментов настенных росписей пещер Могао. Были отобраны пробы и проанализированы красные, синие, зеленые, белые и коричнево-черные и так далее пигменты в 44 пещерах Шестнадцати королевств, Северной Вэй, Западной Вэй, Северной Чжоу, Суй, Тан, Пяти Династий, династий Сун, Сися, Юань и Цин гротов Дуньхуан Могао.

Результаты пигментного эксперимента были всесторонне проанализированы: пигмент настенных росписей гротов Могао имели очевидные характеристики раннего, среднего и позднего периодов. Ранний период включал Шестнадцать царств, Северную Вэй, Западную Вэй и Северную Чжоу, средний период включал Суй и Тан, а поздний период эпохи Пяти династий (907-960гг.), Западная Ся, Династия Сун, династия Юань и династия Цин[7, с.27-36].

В середине 1990-х годов аналитическая лаборатория Научно-исследовательского института Дуньхуана провела всесторонний и систематический анализ пигментов настенных росписей династии Суй и династии Тан в гротах Могао. В основном рентгеноструктурный анализ, дополненный анализом поляризационной микроскопии. На этот раз было проанализированы настенные росписи в 25 пещерах династий Суй и Тан, отобрано около 150 образцов пигментов. [17, с.11]

В настенных росписях гротов Могао в Дуньхуане есть три основных типа красных пигментов, а именно красный цвет камня (редоксайд), киноварь и свинцовый сурик, и большая часть свинцового сурика была обесцвечена.

Из красных пигментов в росписях гротов Могао редоксайд считается самым распространенным и наиболее широко использовался. Редоксайд использовался почти в каждом периоде, особенно в ранний период (Шестнадцать царств, Северную Вэй, Западную Вэй и Северную Чжоу). Для середины династий Суй и Тан характерно большое количество применений киновари и свинцового сурика. В поздний период (эпохи Пяти династий (907-960гг.), Западная Ся, Династия Сун, династия Юань и династия Цин) применение красного цвета редоксайд постепенно увеличивалось.

В районе Хэси провинции Ганьсу производится большое количество гематита, из которого очень удобно и недорого сделать землю красной, которую не нужно импортировать из Индии, Афганистана и других стран. Это также во многом связано с экономическим спадом этих периодов.

Киноварь использовалась меньше в ранних росписях гротов Могао, и постепенно

ее применение увеличивалось в средний период эпохи Тан и Сун, она была основным красным пигментом в данный период. Раньше киноварь привозили в Дуньхуан из Индии, Афганистана и других стран вдоль Шелкового пути. В средний период и поздний период киноварь, используемая на фресках Дуньхуана, возможно, была завезена из центрального региона Китая.

Свинцовый сурик широко используется в гротах Дуньхуан Могао, особенно в династии Тан, и большая часть свинцового сурика превратилась в коричнево-черный диоксид свинца (PbO_2).

В ранний период в синем пигменте цветных на настенных росписях гротов Могао был использован лазурит. В средний период азурит (шессилит) в основном синие пигменты, которые постепенно вытеснил дорогой натуральный лазурит. В поздний период синие пигменты редко использовались в настенных росписях, но все еще преобладали азурит и лазурит. Природный лазурит на настенных росписях гротов Могао в Дуньхуане, возможно, был из Афганистана, Индии и других стран. Производство китайского лазурита очень невелико.

Зеленый пигмент на настенных росписях гротов Могао был в основном атакамит в раннем периоде, с небольшим количеством каменно-зеленого цвета (малахита), а в среднем, наоборот, в зеленых пигментах преобладали каменно-зеленые, за которыми следовал атакамит и смесь атакамита и каменной зелени. В поздний период основным считался каменно-зеленый, за которым следовали смешанные зеленые пигменты: каменно-зеленого и атакамита.

Черные и коричневые черные пигменты на росписях гротов Могао, один из которых является оригинальным черным, то есть использование чернил (или угля) или железный черный (магнетит Fe_3O_4) в качестве пигментов, например, в пещере гротов Могао 321. В нишах пещеры было обнаружено небольшое количество железного черного.

Другой- красный пигмент свинцовый сурик (Pb_3O_4) полностью обесцвеченный продукт- диоксид свинца (PbO_2), коричнево-черный пигмент - это свинцовый сурик не полностью обесцвеченный продукт, а именно смесь свинцового сурика и диоксида свинца. Свинцовый сурик, подверженный изменению цвета, очень часто использовался в настенных росписях гротов Могао, особенно в настенных росписях династии Тан.

Красочный слой росписей гротов Могао включает в себя много типов белых пигментов, но в основном каолин, кальцит, гипс, в основном в смесях, редко использовался только один в качестве белого пигмента. Есть также тальк, слюда и очень небольшое количество котуннита, англезит и т. д.

Использование белой пигментной слюды на лицах фигуры в династии Тан, придавало им эффект вспышки, является характерной особенностью применения в настенной росписи данной краски в этот период. [7, с.40-42,][14, с.13-14]. Некоторые неорганические пигменты производятся искусственно, например, свинцовый сурик (окисление свинца).

После большого анализа и исследований было доказано, что пигменты настенных

росписей Дуньхуана в основном являются неорганическими минеральными пигментами, и большинство из них являются природными минеральными пигментами, такими как киноварь и редоксайд в красных пигментах, лазурит и азурит в синих пигментах, атакамит и малахит в зеленых пигментах, каолин, кальцит и гипс в белых пигментах, магнетит в черных пигментах.

В пигментах гротов содержится небольшое количество органических пигментов на растительной основе, таких как красный пигмент сафлор красильный, желтый пигмент гарциния и т. д. Органические красители анализируются с помощью жидкостной хроматографии и других методов, представленных при изучении 85-ой пещеры Могао.

2.2.3 Анализ связующего в красочном слое настенных росписей пещер Могао.

Большинство пигментов в настенных росписях - это в основном натуральные минеральные пигменты. При изготовлении и использовании пигментов была добавлена определенная доля клеев. Эти клеи играют очень важную роль в настенных росписях не только для прикрепления (прилипания) пигмента к стенам, но и для длительного сохранения пигмента на поверхности росписи.

Существует множество записей о том, что клей использовался в живописи в древнем Китае. Пигменты настенных росписей смешивали с органическими клеями, либо животным, либо растительным клеем. В качестве животного клея обычно использовали желатин (обычно клей из кожи и из костей) - наиболее распространенный вид животного клея: рыбий клей, яичный белок. Наиболее широко используемым растительным клеем в китайской живописи является

персиковый клей. Раствор квасцов и клея (2:1) используется в пигменте, квасцы непосредственно не играют роль связующего, они одновременно добавлялись в пигменты с клеем для фиксации белка в клее. [7, с.149]

В природные клеи, будь то на растительные или животные- это органическое соединение. Они все содержат белки, а белок в основном состоит из аминокислот.

Аминокислотный компонент из клеев в настенных росписях пещер Могао был проанализирован с помощью высокоэффективного жидкостного хроматографа (ВЭЖХ). Результаты этого анализа сравниваются с данными аминокислотного состава известных органических клеев, чтобы определить тип клея и получить данные о его содержании.

Этот анализ результатов и сравнение с данными известных органических клеев, показали что мездровый клей использовался в качестве клея, добавленного в пигменты настенных росписей. Самым возможным видом клея является коровий мездровый клей. [7, с.160]

Но, Могао насчитывают в общей сложности 492 пещеры, после 10 династий, настенные росписи в пещере Могао не исключают использование различных видов клея.

Клей в пигментах настенных росписей 85 пещер был проанализирован с помощью газовой хроматографии-масс-спектрометрии (ГХ-МС). По предыдущему анализу в пигменте настенных росписей часто использовались коровий мездровый клей. С этой целью сначала был проведен анализ содержания аминокислот. Для анализа был использован метод газовой хроматографии - масс-спектрометрии. Анализ 14 образцов указывает, что в пигменте низкое содержание белка в клее, мала

вероятность содержания животного клея в пигментах росписи пещеры 85.

Поэтому был проведен углеводный анализ образца, чтобы определить в нем присутствие растительных связующих материалов. Так как растительный клей в основном состоит из полисахаридов, то анализ содержания различных сахаров и сравнение со стандартным образцом позволяют определить тип растительного клея.

В результате можно увидеть, что все образцы содержат растительную камедь, из которой в трех образцах - персиковая камедь, в остальных - трагакант. Результат этого анализа отличаются от представленных в литературе раньше. В Китае трудно найти записи об использовании трагаканта в живописи. Астрагал растет на северо-западе Китая очень широко распространен, но обычно используется в качестве лекарства. [7, с. 394]

Из результатов анализа клея пещеры 85, дуньхуанских настенных росписей сделан вывод о том, что помимо использования животного клея, использовался растительный клей. Дуньхуанские настенные росписи чрезвычайно богаты разнообразием живописных материалов. Результаты анализа клея являются хорошим доказательством.

Еще с помощью тонкослойной хроматографии и поляризационного микроскопа было проведено исследование темно-красного пигмента на потолке в пещере 85, анализ которого показал, что образец содержит шеллак. [7, с. 388]

2. 4 Основные виды повреждения росписи.

Пещеры Могао в Дуньхуане хотя и находятся в относительно сухой среде, но

после более чем 1000-летнего влияния природных и человеческих факторов, с учетом довольно хрупкой глиняной штукатурки, а также материалов и структуры изготовления настенных росписей и других внутренних факторов, настенные росписи имеют различные повреждения. Научно-исследовательский институт Дуньхуана в середине прошлого века начал называть и классифицировать повреждения [7], к настоящему времени сформировалась стандартная спецификация [19].

Некоторые типичные заболевания (повреждения) заключаются в следующем:

1. Растрескивание (craquelure)



Рис. 21 Растрескивание красочного слоя, кракелюр.

2. Шелушение(Flaking).

Шелушение относится к разделению между красочными слоями росписи или красочного слоя со слоем грунта и слоем глины, они в виде небольшого куска (как рыбьей чешуи) облупились (шелушение). Существуют разные формы шелушения настенных росписей:



Рис. 22 Шелушение красочного слоя в пещере Могао № 217.

Шелушение красочного слоя - растрескивание усадки пигментного слоя, являются причиной избытка клея в пигменте красочного слоя; или старение и деструкция связующего (клея) в грунте; или добавление в грунт слишком малого количества клея делает адгезию пигментного слоя слабой; или из-за высолов грунт потерял прочность цементации. Вышеперечисленные причины могут привести к тому, что адгезия пигментного слоя на слое грунта значительно ослабнет. Шелушение красочного слоя с грунтом являются серьезным повреждением, угрожающим осыпи живописи. (Рис. 22)



Рис. 23 Шелушение красочного слоя в пещере Могао № 85.

Другая причина шелушения состоит в том, что пигментный слой вместе с слоем грунта прочно скреплены. Одной из главных причин является тонкий глиняный слой, высолы, рыхлая основа, потеря адгезии между слоем грунта и тонким

глиняным слоем, в результате чего шелушится пигментный слой вместе с грунтом (Рис. 23).

Существует также особая причина шелушения - многослойный настенной росписи (когда одна роспись накладывается на другую). По какой-то причине поздние династии не строили новых пещер (возможно, не смогли найти подходящее место для вырубки пещеры. На ранние настенные росписи наносили глиняный слой или прямо покрывали слоем грунта, после этого, создавали роспись. Из-за того, что клей в нижнем слое ранних росписей под влиянием изменений окружающей среды ослаблен, настенная роспись нижнего слоя и настенная роспись верхнего слоя разделились, что вызывало шелушение верхнего слоя росписи. [6, с.30].

Археологически установлено, что перекраска была основным способом сохранения настенных росписей Дуньхуана в древности, которая началась со времен династий Суй и Тан (581-907 гг. н. э.) и достигла своего пика в династии Сун (960-1279 гг. н. э.). Некоторые настенные росписи Северной династии (420-589 гг. н. э.) были покрыты росписями династий Суй и Тан, в то время как некоторые росписи династии Тан были покрыты росписями Пяти династий (907-979 гг. н. э.), династии Сун и Западной династии Ся (1038-1227 гг. н. э.). Образуется два или даже три слоя настенной росписи, которые мы видим сегодня [8].

3. Повреждения солями.

- **Высолы.**

Самая серьезная проблема, связанная с разрушением настенных росписей - это

высолы. Образование кристаллов соли, солевые налеты между слоями глиняной штукатурки настенных росписей вызывает расслаивание красочных слоёв и их осыпание. Высолы являются самыми опасными повреждениями для настенных росписей и самыми трудными для реставрации. Их называют “раком” настенных росписей.

Основная причина заключается в растворении (и расширении) солей в каменных стенах и глинистой штукатурке под действием воды, а затем под воздействием температуры и влажности, кристаллизации (и усадки) солей. Процесс такого круговорота разрушает структуру настенных росписей, вызывает образование высолов на росписи.



Рис. 24



Рис. 25

- Образования пузырьков (crater eruption) на поверхности настенной росписи

Растворимая соль концентрировалась между глиняным слоем и пигментным слоем, а на поверхности пигментного слоя создавалось явление “выпячивания”, что приводило к образованию пузырьков.

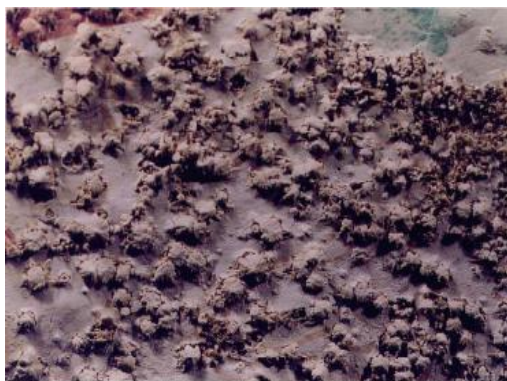


Рис. 26 Повреждение пещеры 194 в гротах Могао.



Рис. 27 Повреждение пещеры 85 в гротах Могао

- Выход солей на поверхность настенной росписи (salt efflorescence).



Рис. 28

4. Отслоение штукатурного слоя от основы с образованием полостей. (plaster detachment)

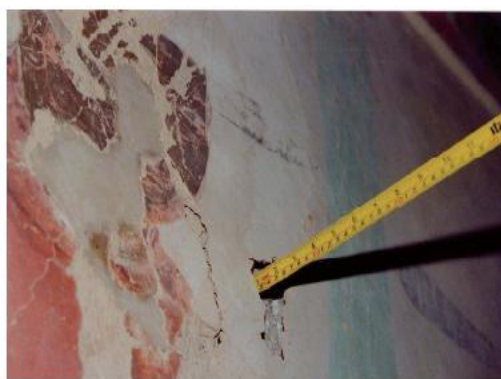


Рис. 29



Рис. 30

Из-за Ослабления сцепления между штукатуркой и основой, штукатурный слой расслоился и отделился от стены, образуется полость (Рис. 29). На некоторых фрагментах стен произошло обрушение фрагментов штукатурного слоя под собственной тяжестью (Рис. 30).

5. Поверхность настенных росписей покрыта копотью от дыма (soot).

Большая часть такого повреждения произошла из-за странствующих во время войн солдат, которые готовили еду в пещере на костре. Поверхность росписи темная, слой копоти толстый. По статистике, в Могао насчитывается 29 пещер, покрытых копотью, площадь поврежденных росписей 1110 квадратных метров.



Рис. 31 Поверхность настенных росписей покрыта копотью от дыма.

6. Повреждение микроорганизмами (damage by microorganism).

В прошлом из-за высокой влажности и плохой вентиляции в пещере, сформировались подходящие условия для роста плесневых грибов, их размножения на поверхности росписи. Метаболиты процесса размножения и рост плесени могут вызвать обесцвечивание пигмента, обесцвечивание не может быть восстановлено, мертвое тело плесени прикрепляется к росписи, вызывая серьезное загрязнение росписи.



Рис. 32 Повреждение микроорганизмами.

7. Выцветание: пигменты настенных росписей (color fading) или пигмент меняют цвет (color alteration).



Рис. 33 Выцветание пигментов настенных росписей.

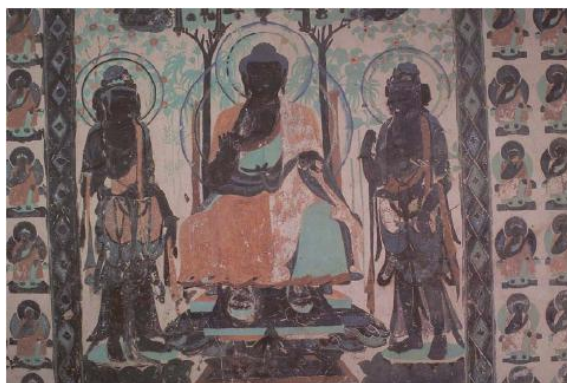


Рис. 34 Пигменты изменили цвет.

Ван Цзиньюй провел более детальное исследование повреждений Дуньхуанских настенных росписей в 2004 году, исследование показало, что общее количество повреждений в то время включало в себя около 200 пещер, а в 90 пещерах повреждения все еще находились в стадии развития : в Девятнадцати пещерах отваливались большие участки настенных росписей, шестьдесят одна пещера имела высолы, восемьдесят две пещеры - шелушение, включая растрескивание поверхности росписи, в сорока семи пещерах наблюдалось отставание штукатурного слоя. В семи пещерах преобладал плесневый грибок, настенные росписи были обесцвечены, кроме этого в некоторых пещерах были повреждения штукатурки с ее отставанием от основы, трещины скалы и другие повреждения[9, с.113]. Такое большое количество повреждений серьезно угрожало безопасности настенных росписей.

2. 5 Изучение результатов предыдущих реставраций и новых повреждений в пещерах Могао.

За последние несколько десятилетий была проведена серия исследований, реставрация и защита древних настенных росписей в гротах Могао. Эти методы

играют важную роль в сохранении пещерного искусства в Дуньхуане. Но повреждения возобновлялись на некоторых настенных росписях, которые были реставрированы ранее. Поэтому, в отличие от предыдущих исследований в гротах Могао, основное внимание уделяется возобновившимся повреждениям в пещерах, которые ранее были реставрированы. Исследования помогут понять причину разрушений, определить круг защитных материалов, также помогают понять механизм старения.

Национальная художественная академия Дуньхуана была основана в 1944 году, и с тех пор было осуществлено несколько природоохранных проектов, таких как удаление песка в пещерах и укрепление гротов. Из-за ограниченности человеческих и финансовых ресурсов рутинный уход был ведущим способом сохранения в то время. Затем проведена серия восстановительных работ, как в больших, так и в малых масштабах, чтобы восстановить более 3000 м² настенных росписей с такими повреждениями, которые включают отслоение штукатурного слоя от скалы, шелушение и потерю краски [10, с 11].

В основном использовались три типа материалов: эмульсия поливинилацетата (ПВС), которая использовалась с 1950-х по 1960-е годы в 94-я и 108-я пещерах; гибридная акриловая и силиконовая акриловая эмульсия, которая применялась для отслаивающейся краски более десяти лет в 23-й и 217-й пещерах; последний - раствор желатина. Исходными связующими материалами настенных росписей являются природные водорастворимые материалы, такие как мездровый клей, раствор желатина, которые использовались при реставрационных работах в 85-й и 98-й пещерах.

Методы и результаты исследования

В Могао были исследованы несколько пещер, в которых были проведены восстановительные работы с помощью ПВА, гибридной эмульсии акрила и силиконового акрила (гибридная эмульсия) или раствора желатина. Эти материалы были выбраны на основе множества научных экспериментов и полевых применений Академии Дуньхуана. Для удобства сравнения все исследованные пещеры расположены на нижнем уровне гротов Могао. Все исследование проводилось в соответствии с требованиями, изложенными в государственных стандартах технических условий на обследование состояния древних настенных росписей [19].

В ходе исследования площадь заболевания измерялась линейками. Микроскоп Keyence VHX-2000 (Dino-Lite AD413T) использовался для наблюдения агрегации солей на поверхности росписей. Инфракрасная термография (NEC G100) была применена для выявления отслоения росписей.

В данном обзоре общая площадь реставрированных настенных росписей составляет 411.38 м² (площадь исследования). Площадь настенных росписей, реставрированных ПВА, составляет 138.72 м², площадь настенных росписей, реставрированных гибридной эмульсией, - 116, 89 м², площадь настенных росписей, реставрированных раствором желатина, - 155, 77 м². Общая площадь реставрированных настенных росписей с восстановленными заболеваниями составляет 41, 54 м² (площадь болезни). Результаты исследования показывают, что возобновившиеся повреждения в пещерах Могао в основном включают

повреждения солями (высолы), шелушение, отделение и потерю красочного слоя (Рис. 35).

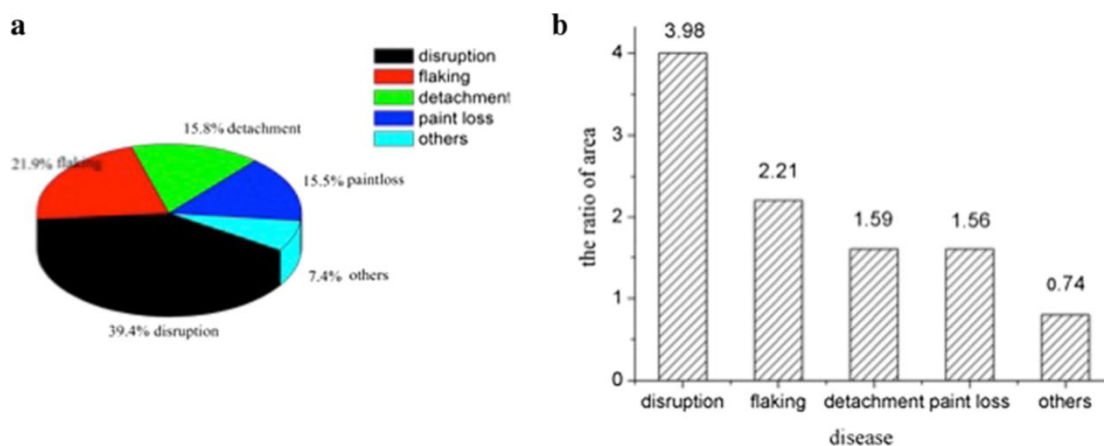


Рис. 35 Доля возобновившихся повреждений (а) доля возобновившихся повреждений; (б) доля возобновившихся повреждений в исследуемом районе[8]

В этом исследовании большинство возобновленных повреждений было распространено в районе до 2 м над землей. Область между 0.5 - 2 м над землей составляет около 98.3% площади распространения повреждений. Большинство участков ниже 0.5 м реставрировались из-за серьезных повреждений в прошлом. В этом регионе осталось мало росписей, поэтому возобновленные повреждения составляют лишь 1.2% площади. Кроме того, повреждения в районе более 2 м над землей составляют лишь 0.5% площади повреждений. Верхняя часть пещер почти не имеет серьезных повреждений, а доля возобновленных повреждений здесь самая низкая.

Повреждения настенных росписей в разных пещерах совершенно разные, даже если в реставрации росписей используется один и тот же реставрационный

материал. Очевидно, что возобновившиеся повреждения тесно связаны с расположением пещер и окружающей их средой.

Распространение повреждений и их причины.

По сравнению с верхними пещерами, в пещерах нижнего уровня были более тяжелые повреждения. Нет сомнений в том, что эти повреждения тесно связаны с влажностью среды в пещерах. Влага в нижних породах (включая грунтовые воды, поверхностные воды и конденсированную воду) больше, чем в верхних. Кроме того, вода из реки Дацюань перед пещерами Могао поступала в нижние пещеры в сезон паводков, сезонная сырость является важной причиной повреждений. Кроме того, важную роль играют растворимые соли. Одно исследование показало, что содержание соли в нижних пещерах самое высокое, и оно постепенно уменьшается с высотой. Ионы растворимых солей в основном включают Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Cl^- и SO_4^{2-} , которые наносят большой разрушения росписи. Это не только одна из причин, по которой почти не сохранились настенные росписи в нижних пещерах, но и основная причина повторного появления повреждений после реставрации.

Высолы.

Под таким видом разрушения как высолы понимается отслоение и повреждение настенной штукатурки в результате действия водорастворимых солей. По исследованию доля разрушений общей площадью 16.37 м² является самой высокой по всем повреждениям (до 39.4%). Практически все исследованные пещеры находятся под угрозой разрушения. Поэтому разрушение - одно из самых серьезных повреждений в пещерах Могао, которое сильно влияет на настенные

росписи.

Предыдущие исследования доказали, что повреждения настенных росписей являются результатом воздействия растворимых солей с инфильтрацией и миграцией воды. Вода может пройти через штукатурку, а затем испариться с поверхности. При изменении относительной влажности в гротах растворимые соли будут многократно растворяться и кристаллизоваться, а штукатурка многократно расширяться и сжиматься. Тогда штукатурка росписи при этом отслаивается. Разрушение характеризуется осыпанием штукатурного и красочного слоя. Поэтому на формирование разрушений в основном влияют следующие факторы. Во-первых, растворимые соли в настенной штукатурке и камне являются основными материальными ресурсами, вызывающими разрушение. Во-вторых, изменения температуры и влажности в пещерах приводят к миграции воды. Наконец, цикличность процессов, которые напрямую приводят к разрушению.

Укрепление и обессоливание использовались для реставрации разрушений в пещерах Могао. Раньше ПВА в основном использовался для реставрации разрушенных настенных росписей. В последние годы в качестве укрепляющего материала все чаще используется раствор желатина. При обессоливании использовалось много материалов и методов для удаления солей, накопленных в слое штукатурки. Было обнаружено, что обессоливание играет важную роль в предотвращении повторного появления повреждений. Площадь повторного появления повреждения на росписях, на которых было проведено обессоливание, была на 50% меньше, чем площадь росписей без проведения процессов

обессоливания. В ходе этого исследования было обнаружено, что разрушения обычно становились более серьезными в регионах, где никогда не проводилась реставрация. Содержание растворимых солей в этих регионах было выше, чем в других местах^[16]. Однако полностью удалить соли из структур настенных росписей сложно, потому что растворимые соли в окружающей породе могут постоянно мигрировать в слой штукатурки.

При помощи микроскопа на разрыве можно увидеть кристаллизацию большого количества растворимой соли.

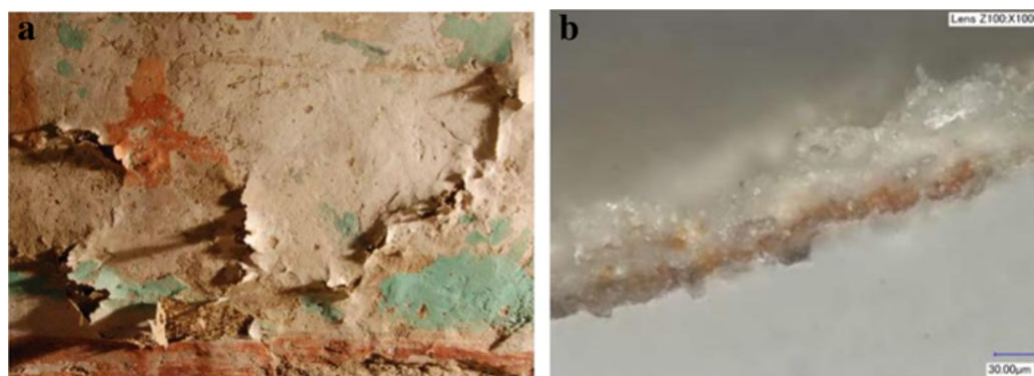


Рис. 36 Повреждения солями. (а) картина повреждения, (б) микроскопическая картина повреждения в 1000 х.

На основании приведенного выше анализа можно сделать вывод, что эффективные меры по улучшению должны быть следующими. Во-первых, следует принять эффективные меры по удалению растворимых солей из слоя штукатурки и скалы. Во-вторых, следует применять эффективный контроль окружающей среды, чтобы поддерживать пещеры в относительно стабильном состоянии и уменьшить миграцию воды и растворимых солей. Чтобы избежать

^[16] Су Бомин, Чэнь Ганцюань, Фань Цайсюань, Ма Цзяньтай, Кан Хунвэй, Ли Жун, Прикладные исследования нового синтезированного обессоленного материала по повреждению солью настенных росписей в гротах Могао, Реликвии и Музеология, Выпуск 6 2009 г., стр. 175-183

прямого солнечного света и песчаной эрозии, работники института Дуньхуана контролировали окружающую среду, установив двери для пещер. Затем они использовали сенсорные устройства для контроля уровня углекислого газа. Когда содержание углекислого газа превышает стандарт, они эвакуируют пещеры и держат их закрытыми в течение нескольких дней. Теперь постепенно стали контролировать температуру и влажность. Наконец, если необходима реставрация серьезных повреждений, следует использовать консервационные материалы с хорошей паропроницаемостью.

Шелушение.

Шелушение относится к трещинам глиняного слоя или красочного слоя, и образующимся в результате деформированным фрагментам. Результаты наших исследований показывают, что площадь с шелушением составляет около 9.08 м², что составляет 21.9% от общей площади повреждений, из которых 59.4% - тяжелые.

Существует две распространенные причины шелушения. Первая- это ухудшение первоначального адгезионного материала в настенных росписях, вторая- укрепляющий материал, используемый при предыдущих реставрациях росписей.

Шелушение из-за ухудшения первоначального адгезивного материала может быть распознано как отделение глиняного слоя или слоя краски от штукатурки или пластинчатое растрескивание. Шелушение обычно появлялось в области с более толстым слоем краски и более высоким содержанием клеевого материала. Эта причина вызывает шелушение, в основном относится легкой форме повреждения.

Например, на центральной колонне в 44-й пещере можно заметить небольшое шелушение из-за толстого слоя краски.



Рис. 37 Шелушения. а) шелушения на центральной колонне в 44-й пещере. б) шелушение после использования раствора желатина.

Укрепляющие материалы вызывает шелушение. Основная причина заключается в том, что укрепляющий материал может образовывать толстый слой, который препятствует воздухо - и влагообмену в структуре живописи при непостоянном температурно- влажностном режиме. Деформация сжатия и расширения между слоями приводит к образованию трещин и деформации укрепляющего слоя.

В лаборатории было подготовлено несколько модельных образцов Дуньхуанской росписи. В качестве материалов для укрепления образцов, испытанных в циклах "сухой-мокрый", использовались ПВА, акриловая эмульсия, силиконовая акриловая эмульсия и паралоид В72^[17]. Явное шелушение наблюдалось на образцах после нескольких циклов, что было очень похоже на повреждения в

^[17] Paraloid В 72 - сополимер этилметакрилата с метилакрилатом, температура стеклования 40°C, образует эластичные пленки.
https://www.lovetorestore.com/products-page/categories/paraloid_b_72/

гrotax Могао.

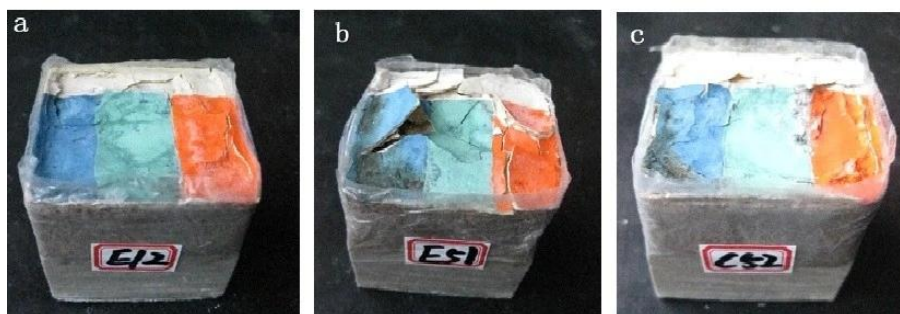


Рис. 38 Модельные образцы с использованием различных укрепляющих материалов в условиях “сухого- влажного” циклов. а) образец, реставрации с помощью 1% ПВА. (b) образец, реставрации 5% В72. (с) образец, реставрации 5% акриловой эмульсией.

Повторное шелушение после реставрации происходило в основном там где использовался раствор желатина или гибридная эмульсия в пещерах. Соответствующий реставрирующий материал не должен легко образовывать слой, и его концентрация также важна. В этом отношении ПВА с низкой концентрацией показывает относительно хороший эффект при укреплении шелушения.

Отставание.

Отставание - это явление, когда часть глиняного слоя отделяется от скалы но периферия части все еще связана со скалой. Их общая площадь 6.55 м², около 1.6% от общей площади повреждений. Большинство из них серьезные, и настенные росписи могут обрушиться в любой момент.

Кристаллизация соли - одна из важнейших причин. Растворимые соли могут

мигрировать между слоем штукатурки и основы, они накапливаются и кристаллизуются в слое штукатурки, особенно в области раздела между штукатуркой и основой, что нарушает адгезию между ними и, таким образом, вызывает отслоение и, вероятно, соли будут накапливаться вблизи поверхности. Кристаллизация соли всегда происходит в более широких областях, что приводит к большой площади отслоения, при этом росписи висят на стене, как занавес, легко подвержены обрушению, как только адгезия теряется.

Кроме того, при реставрации отделений всегда используются адгезионные материалы для добавления между штукатуркой и скалой. Хотя инъекционные материалы могут укрепить росписи, у них есть недостаток - когда паропроницаемость этих материалов плохая, в местах их добавления ускоряется накопление растворимых солей, что в конечном итоге приведет к новому отставанию или разрушению. После нескольких экспериментов ученые из Научно-исследовательского института Дуньхуана предложили метод систематического обессоливания. В настоящее время обессоливание может проводиться одновременно с инъектированием, что доказало высокую эффективность при реставрациях отделенных структур росписи[25].

В 1980-х годах цемент и известь использовались для восстановления отставаний настенных росписей и потери краски на настенных росписях. В этом исследовании выяснилось, что очень легко отслоение появлялось в том месте, где использовались цемент и известь. Например, цемент использовался для восстановления штукатурки в 29-й пещере и с тех пор имел неплохой защитный эффект. Но затем произошло серьезное отставание (Рис. 39а), по фото

инфракрасной термографии (Рис. 39б), части росписей отделились от скалы в реставрированном цементом месте.

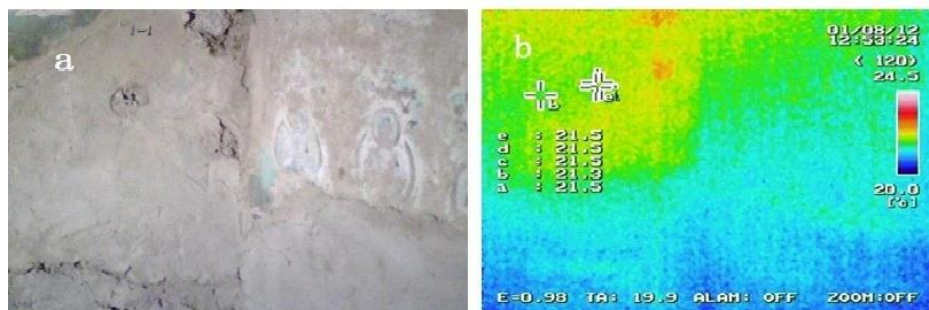


Рис. 39 Отставание. (а) отставание на дне западной стены в 29-й пещере, (б) инфракрасная термографическая картина отставания.

Исследование показало, что движение воды и соли является основной причиной отслоения, а неправильное инъектирование и консервация материалов также могут привести к образованию и развитию отставаний. Поэтому контроль окружающей среды, использование более подходящих консервационных материалов и методов и замена тех материалов, которые использовались в раннее время, являются эффективными мерами для реставрации отслоений[8].

Выводы по главе.

В данной главе представлен всесторонний анализ настенных росписей пещер Могао Дуньхуана, включая предварительное исследование состояния настенных росписей, мониторинг окружающей среды гротов Могао, исследование структуры и материалов настенных росписей и видов повреждения росписи.

Глава 3: Реставрация росписей.

3.1 Исследования разрушения росписей.

3.1.1 Исследования поврежденных солями участков росписи в пещерах Могао.

На Великом шелковом пути осталось много пещерных храмов. В пещерах есть большое количество изысканных росписей, но эти росписи подвергались небывалому разрушению, и эта тенденция необратима. Самым распространенным фактором разрушения, от воздействия которого глиняный слой настенной росписи становился рыхлым и обрушался, красочный слой шелушился, происходило меление и т. д. являлось солеобразование в структуре росписей. Хотя степень и проявление различны, исследования показывают, что все они прямо или косвенно связаны с высолами. Можно также сказать, что появления высолов является корнем разрушения росписей.

Повреждение солью является самым серьезным заболеванием росписей гротов Могао. С 1980-х годов работники охраны культурных реликвий начали проводить исследования по повреждению солью настенных росписей. Также были проведены исследования по повреждению солями за рубежом, начиная с 1970-х годов. Из-за движения воды и соли возникают повреждения материалов росписей. В качестве основной причины ухудшения материалов было выделено несколько основных. Многие ученые согласны с тем, что Na_2SO_4 , Mg_2SO_4 , CaSO_4 и другие кристаллизации солей являются наиболее разрушительными для материала. Остались разногласия могли ли хлориды натрия NaCl приводить к

ухудшению материала настенной росписи.

С 1988 года научно-исследовательский институт Дуньхуана и Токийский научно-исследовательский институт культурных ценностей (Tokyo Research Institute for Cultural Properties) совместно начали мониторинг окружающей среды пещеры 53 Могао. Были проведены отбор проб и анализ росписи скалы и глиняных штукатурок. Анализ результатов отбора проб показал, что в нижней части пещеры в слое глины содержится большое количество NaCl, а в верхней части пещеры не обнаружено NaCl. В сочетании с анализом экологического мониторинга в скале влага и движение влаги являются ключевыми факторами, влияющим на защиту росписи. Высолы обычно появляются в структуре росписи вследствие испарения воды, оставляя растворенную соль в структуре росписи. Два возможных источника воды в пещере 53-это вода реки Дакуан и вода, которой поливали деревья перед пещерой.

В 1989 году (Дуан Сюе и др.) провели расследование и исследование настенных росписей в пещере 3 Могао. Они контролировали температуру и влажность закрытой пещеры внутри и снаружи в течение одного года и обнаружили, что изменения температуры и влажности внутри и снаружи пещеры были почти синхронизированы, а внутри пещеры сильно ощущалось влияние окружающей среды. При анализе глиняного слоя и скалы было обнаружено, что связующие материалы в структуре росписи содержат большое количество растворимых солей. При изменении влажности растворимая соль попадает в слой глины и слой пигмента вместе с влагой и, в конечном итоге, вызывает разрушение росписи.

Чжан Минцюань, Чжан Хуюань и др. исследовали распространение солей в

пещерах Могао в 1990-х годах и обнаружили, что в гротах Могао есть 168 пещер, повреждения которых являются серьезными. В пещерах нижнего этажа повреждения росписей самые серьезные, за ними следуют пещеры верхнего этажа, а сохранность росписей среднего этажа относительно лучше.

Было проанализировано содержание растворимой соли в глинистом слое и окружающих скалах. Содержание растворимой соли в поврежденном глинистом слое составляло 1.02% ~ 2.11%, а содержание растворимой соли в окружающих породах составляло 0.41% ~ 2.46%. Содержание растворимой соли в неповрежденном глиняном слое немного ниже, чем в поврежденном слое глины, но состав соли другой. Содержание растворимой соли в неповрежденной росписи составляет всего 0.092% ~ 0.228%.

Результаты анализа соли глиняного слоя пещеры показывают, разрушение росписи в основном вызвано солью NaCl и Na₂SO₄. Анализ качества воды реки перед пещерой показал, что это - высокоминерализованные воды, принадлежат типу Na₂SO₄ SO₄-CL- Na.

Сильные повреждения нижних слоев пещеры происходят из-за активности соли. В росписи на нижней части стены отслоение глиняного слоя и шелушение красочного слоя. В некоторых пещерах соли содержатся в глинистом слое, но влага отсутствует, роспись не разрушается. Наконец, по результатам анализа совместное действие воды и соли вызывает повреждения росписи и предполагается, что источником воды в пещере должна быть вода с высокой минерализацией как в реке перед пещерой, а также вода для орошения деревьев перед пещерой. Го Хун, Ли Цзуйсюн и др. проанализировали и доказали, что

глиняный слой росписей пещерах Могао был сделан из речной воды Дацюане и осадочной глины перед пещерами, а повреждение росписей напрямую связано с качеством воды в поверхностных водах гротов Могао. Они определили типы и содержание анионов и катионов в воде реки Дацюань. Катионы включают Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} и т. д., а анионы включают Cl^- , SO_3^{2-} и т. д., эти ионы сохранялись в структуре росписи поверхности после создания пещеры. Например, измерение содержания солей Na_2SO_4 , NaCl верхнего этажа пещеры - №194 и нижнего этажа пещеры - №53 доказало, что эти две растворимые соли являются основными солями, которые приводили к высолом в росписях дуньхуанских пещер Могао.

Путем определения содержания Na_2SO_4 и NaCl в различных местах структуры пещер 53 и 194 были определены закономерности изменения растворимой соли в различных частях. По результатам анализа растворимая соль, влага, и влажность воздуха - три фактора которые играют роль в процессе ухудшения материала настенной росписи вследствие высолов. Считалось что, когда в структуре росписи сосуществуют два вида солей, степень разрушения выше, чем, когда присутствует одна из них.

Чен Ганцюань, Су Бомин и др. провели исследование феномена высолов в глиняном слое на настенных росписей пещеры 85 гротов Могао. Согласно анализу глиняного состава росписи пещеры 85 и результатам мониторинга окружающей среды, были изготовлены три тестовых блока с содержанием соли 1%, 6% и 13%, а циклическое испытание с высокой и низкой влажностью было выполнено при постоянной температуре 20 градусов. Результаты испытаний показывают, что чем

выше содержание соли, тем быстрее разрушение образца в цикле, но конечная степень имеет тенденцию быть такой же, что похоже на реальное состояние в пещере. При низком содержании соли изменение относительной влажности не вызывало появления высолов.

Чэнь Ганцюань и Ю Цзунжэнь проанализировали растворимую соль в глиняном слое и на поверхности настенных росписях. Пузырьки на поверхности красочного слоя пещеры №351 Могао.

Результаты анализа показали, что содержание растворимой соли в глиняном слое настенной росписи в районе пузырьков и в районе без пузырьков сильно различается. Содержание Cl^- , Na^+ , K^+ значительно отличается, а содержание ионов в районе пузырьков в несколько раз больше, чем в других районах. Он показывает, что содержание NaCl в глиняном слое способствовало образованию пузыря на красочном слое, в основном из-за взаимодействия влаги с NaCl при ее попадании в структуру росписи. После испарения воды кристаллы NaCl образовали пузырьки на поверхности росписи. Эти ионы существовали в глиняном слое настенной росписи с начала производства, после многовекового движения водяного пара внутри породы, они постепенно собирались на поверхности настенной росписи.

Из приведенных выше исследований воды и соли различных пещер гротов Могао можно сделать вывод, что солевые повреждения пещеры Могао являются результатом совместного движения растворимых солей и воды. При создании настенных росписей использовались материалы, содержащие водорастворимые

соли. При отсутствии вмешательства влаги (воды) движения солей к поверхности красочного слоя не происходит, не вызывая разрушения структуры живописи. Поэтому важную роль в решении проблемы солеобразования в структуре живописи является контроль температурно-влажностного режима (ТВР) и мониторинг движения воды.

Благодаря предыдущим исследованиям была полностью объяснена причина солевых повреждений в пещерах Могао. Но, что такое растворимые соли и как они действовали на разрушение росписи - это сложный вопрос, с которого работники сохранения этой культурной реликвии начали обширные исследования в 1980-х годах.

Чжан Минцюань, Чжан хуэйюань, Ли Чжисюн и др. в 1990-е годы исследовали распределение солевых повреждений пещеры, одновременно анализировали содержание соли в структуре росписи и окружающей скалы. Растворимыми солями являются Na_2SO_4 , NaCl , MgSO_4 , KCl , NaHCO_3

Сульфат впитывает влагу образования сульфатных минеральных кристаллов, например, $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$, $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ и так далее. Ввиду кристаллической структуры сульфатных минералов, радиус аниона (SO_4) большой, в сочетании с небольшим радиусом катиона (Na , Ca^{2+} , Mg), катионы легко адсорбировались молекулами воды, чтобы образовать стабильный сульфат.

Этот вид безводной минеральной гидратации, разрушения материала структуры росписи. Отличительной особенностью гидратации являлся увеличение объема минерала.

Глауберова соль (мирабилит, $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) и безводная глауберова соль (сернокислый натрий, Na_2SO_4) сильно подвержены влиянию климата, легко гидратируются во влажном состоянии, Na_2SO_4 превращается в порошок мирабилит; при увеличении температуры вода испаряется и соль $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ превращается в белый порошок. Они являлись основной причиной рыхлой поверхности скал и глины, а также основной солью, которая вызывала солевые повреждения росписи.

Цзинь чжилян, Чэнь ганцюань, Цянь лин и др. исследования показали, что в структуре росписей гротов Могао присутствуют растворимые соли NaCl и Na_2SO_4 . Кроме того, кристаллизация NaCl в большей степени сопровождалась испарением воды, сама соль не чувствительна к температуре. Соль Na_2SO_4 более чувствительна к температурным характеристикам, ее кристаллизация происходила не только из-за испарения растворяющей влаги, но и из-за снижения температуры. Таким образом, есть некоторые различия в процессе солевого повреждения росписи.

Кристаллический материал NaCl твердый, однородный по размеру частиц. В пещерах Могао солевые повреждения настенных росписей проявились преимущественно точечными пузырьками; кристаллический материал Na_2SO_4 рыхлая растворимая соль, из-за испарения влаги активно кристаллизуется. Из-за высокой концентрации этой соли в структуре живописи наблюдается большая площадь повреждения солями. В пещерах Могао солевые повреждения настенных росписей появились в основном в виде порошковых высолов. Настенная роспись

большой площадью отделяется от скалы, образуя полость. Рыхлость глинистого слоя больше связана с кристаллизацией Na_2SO_4 .

Солевое повреждение в основном имеет два фактора: первый- это воды, второй-растворимая соль. Поэтому контроль и смягчение тенденций солевых повреждений настенной росписи также должно начинаться с этих двух аспектов: первый - блокировать воду, предотвращать или уменьшать миграцию изменений воды; второй - обессоливание.

Чжан Минцюань, Чжан хуюань и др. предложили в верхней части на верхней группе пещер использовать гибкие (Flexible) материалы в трещинах для предотвращения просачивания влаги; Например, асфальт, рубероид или другого непроницаемого влагостойкого материала. Перед пещерой построить непроницаемую стену, отрезать зону (vadose zone) влагодвижения к пещерам нижнего этажа; приняты инженерные меры по водоотведению и предотвращению проникновения воды, а также предложения по блокированию воды.

Перед пещерами Могао расположены лесополосы длиной около 1600 м и шириной 30-150м, каждый год с мая по сентябрь регулярно поливают деревья. От лесополосы до самой нижней пещеры расстояние около 10 м. И по данным исследований, учитывая эти факторы, что солевые повреждения в нижних пещерах являются наиболее серьезными.

Чжэн Цайся и др. проводили исследования воды, которая просочилась в почву, перед пещерами Могао и в лесополосах. Результаты показывают, что в местах, где нет лесополосы, в почве гротов в основном галечник. В местах с лесополосой в

определенном диапазоне глубин - супесь и песок. Скорость инфильтрации почвенной влаги в обеих областях относительно велика, и чем ближе пещеры, тем больше скорость проникновения воды.

Для того чтобы уменьшить накопление воды в глубине, необходимо ограничить проникновение влаги в глубины грунта в районе пещеры. Исследователи рекомендуют проводить орошение лесных массивов в небольших количествах, многократно или в сочетании с капельным орошением и опрыскиванием.

3.1.2 Исследования изменения цвета пигментов на настенных росписях.

Настенная роспись пещер Дуньхуана продолжалась более тысячи лет от периода 16 варварских царств (на территории Китая в IV-V вв.), через династии Северная Вэй (386-534гг.), Западная Вэй (534-557гг.), Северную Чжоу(557-581гг.), Суй(581-617гг.), Тан(618-907гг.), эпоха Пяти династий (907-960гг.), и Сун(960-1279 гг.) до династии Юань (монгольской) (1280-1367 гг.). Все настенные росписи династии имеют различную степень изменения цвета, среди них наиболее серьезными были Суй, Тан, Сун и Юань.

Цвет может изменяться от оригинального красного, белого и розового до коричневого, черного или серого. Например, на настенных росписях на вершине пещеры 329 Могао, белый слон превратился в коричневого, конечности и лица, летящих апсар вокруг него, также стали темно-красными или темно-серыми, похожими на индейцев или чернокожих людей.



Рис. 40 Настенный роспись на вершине пещеры № 329 Могао.

Техника создания фигур на настенных росписях Дуньхуана с периода 16ти варварских царств до Северного Чжоу в основном использовала влияние западного района. Мышцы тела изображены красным цветом, контуры тела светло- красным. Вокруг головы, шеи, груди и живота изображен контур красного цвета.

В пещере 428 (Северный Чжоу) можно увидеть сцену до и после изменения цвета (Рис. 41). На настенных росписях на задней части центральной колонны пещеры благодаря затенению не видно солнечного света. Красный цвет человеческой тела на росписи все еще ясен, а на южной стене пещеры тело первоначально телесного цвета превратилась в серое, оттенок красного цвета превратился в большие черные круги.



Рис. 41 До и после изменения цвета настенных росписей в пещере 428.

В 1935 году Резерфорд Гэтс в США проанализировал росписи Дуньхуана и цветные пигменты. В начале 80-х годов Институт покрытий Министерства химической промышленности и Научно-исследовательский институт Дуньхуан совместно провели более комплексный X-дифракционный анализ пигментов росписей Дуньхуана.

Резерфорд Гэтс проанализировал основной компонент - Оксид свинца (PbO_2) в коричневом пигменте, а при пробе сечения наблюдался тонкий слой свинцового сурика (Pb_3O_4) под PbO_2 . Белый пигмент на туловище и лице человека был проанализирован как свинцово-белый (грубый агрегат), поверхность которого окружена бляшками PbO_2 . В пробе измененного цвета обнаружили сильные пики дифракции оксида свинца и более слабые пики дифракции свинцового сурика.

В пещере 130 династии Тан, на фрагменте росписей, похороненных в земле, обнаружили, что красный пигмент является чистым свинцовым суриком, найденным на фрагментах фресок. На основе вышеупомянутого анализа цветоизменяющих пигментов провели X-дифракционный анализ типичных цветоизменяющих образцов пигмента. Образцы взяты на коричневом цвете,

результаты анализа показали наличие в основном компонентов PbO_2 . Чем темнее цвет цветоизмененного пигмента тем выше содержание PbO_2 . В образцах в светло-коричневых или серых областях, кроме большого количества PbO_2 , еще наблюдался свинцовый сурик, который не изменил цвета. Согласно литературным данным, на настенных росписях Дуньхуана использовались белые пигменты в основном из мела, гипса и белого свинца, а красные пигменты были в основном из свинцового сурика, оксида железа и киновари. Из химического структурного анализа следует, что в росписи присутствует только свинцовый белый и свинцовый сурик Pb^{2+} , так что можно предположить, что коричневый PbO_2 вызван окислительным процессом изменения цвета свинцового белого и свинцового сурика. Свинцовый сурик более стабилен, чем свинцовый белый [30, с.18-19].

3.2 Методы и материалы реставрации росписей в пещерах Могао.

Исследование и защита гротов Могао впервые были проведены в 1944 году, был официально создан Дуньхуанский институт искусств (Предшественник Научно-исследовательского института Дуньхуана).

После 1949 года были проведены некоторые простые реставрационные работы, такие как удаление песка из пещер, установка рухнувшей скульптуры на свое место.

Государство придает большое значение научной защите и реставрации росписей

пещер Могао, при отсутствии специалистов в 1957 году китайское правительство пригласило чехословацкого специалиста по реставрации артефактов Джозепп Джеральда (Josepn Gerald), чтобы провести эксперимент по реставрации росписей Могао. Результаты пробных работ были плохими, и через три года экспериментальная роспись снова отслаивалась, и роспись, которая была проинъектирована клеем, начала менять цвет и темнеть. [20, с.177]

С тех пор в институте Дуньхуана начали нащупывать научные методы, подходящие для сохранения и реставрации настенных росписей Дуньхуана.

Официальное начало реставрационных работ, начинается с 1957 года, от подбора реставрационных материалов до технологии реставрации и совершенствования инструментов, ведется отработка различных методик. Основываясь на этом, в зависимости от тяжести состояния сохранности настенных росписей, были установлены приоритеты. В первую очередь необходимо проведение противоаварийных работ и реставрации обрушившихся и отвалившихся настенных росписей большой площади, реставрация полостей штукатурных отслоений с образованием полостей. Например, в 1965 году была проведена реставрация настенной росписи глиняных штукатурок, отделившихся от скалы в пещере 130 Могао.

В то время использовалась смесь глиняного раствора для укрепления обрушившихся краев настенных росписей, использовались анкера, которые закрепляли росписи и использовался клей для укрепления настенных росписей и штукатурки.

В настоящее время для реставрации настенных росписей, в местах где штукатурка отошла от стены, и там, где образовалась полость, в публикациях по реставрации и укреплению росписей обобщены основные принципы, материалы и технология реставрации росписи [21].

Реставрация повреждений соли на настенной росписи является щекотливой проблемой. В 1970-х годах использовали метод укрепления поврежденных краев росписей для защиты, но это привело к более серьезным повреждениям росписей, создавая порочный круг. В пещере 108 Могао и в пещере 94 Могао использовались различные концентрации эмульсии поливинилацетата. Результаты показали, что этот процесс имеет хорошее влияние на реставрацию шелушения настенных росписей Могао, но эффект реставрации росписей Могао не был идеальным.

Исследователи попытались удалить соль методом замены слоя глиняной штукатурки с высолами. Использовали новую глиняную штукатурку, не содержащую соли. В пещере №16 реставрация высолов настенных росписей проводилось следующим методом: удаление старой разрыхленной глиняной штукатурки, замещение ее аналогичными материалами. Была сделана вентилируемая бамбуковая ограда под штукатурку [31].

В институте Дуньхуана и Институте Гетти совместно реализовывался проект "Грот Могао № 85", реставрация повреждений настенных росписей, отделенных от скалы с использованием метода инъектирования. Были выбраны соответствующие инъектирующие материалы. После инъектирования,

поверхность росписи прижималась дышащей доской, между поверхностью росписи и доской прокладывается 2 до 3 слоя абсорбционной бумаги, в максимально возможной степени, удалявшей воду и растворенную соль. [27]

Использование исследования и разработка смолы с высокими абсорбирующими свойствами, в сочетании с процессом восстановления настенной росписи, поврежденной солью, было проведено в пещере Могао 98, и были достигнуты хорошие результаты. [26]

3.2.1 Технологии и материалы реставрации повреждений, связанных с отставанием от скалы глиняных слоев настенных росписей.

Из-за потери или ослабления сцепления между штукатуркой и основой (скала) происходит отделение штукатурного слоя с росписью от скалы. Расслоение настенной росписи также происходит между слоями штукатурки. В настенной росписи расслоение обычно вызывает выпуклость. В месте отхода штукатурки от стены образуется полость, растрескивание, возможно обрушение фрагментов под собственной тяжестью. [21, с. 52]

При реставрации обрушившихся и отвалившихся фрагментов настенных росписей большой площади, на краях настенных росписей в местах обрушения, укрепление глиняной штукатурки, производится составом, смешанным с 15% поливинилацетатными эмульсиями, глинами, соломами. Смесью заполняются края настенных росписей, так что роспись прочно зафиксирована на скале. После высыхания поверхность краев покрывается слоем извести, смешанной с паклей и глинами, чтобы привести ее в соответствие с тоном оригинальной росписи.

В том случае если средняя часть настенных росписей отделилась от скалы и в месте отхода образовалась полость, укрепление производится с помощью анкеров, которые закрепляли в росписи. В качестве анкера используется арматура, а для крепежа крестообразная стальная пластина. Ее толщина 0,5 см, ширина 5 см и длина 25см. Позже ее заменили на пластины из органического стекла (оргстекло) того же размера для фиксации росписи, чтобы увидеть оригинальный внешний вид росписи через плексиглас [20, с179].



Рис. 42 Анкер и крепёж - крестообразная стальная пластина.

С начала В 1965 году в пещере Могао номер 130 реставраторы использовали этот метод, с тех пор он стал использоваться в большом количестве настенных росписей. Данный метод является качественной противоаварийной мерой. Большинство анкеров было снято после инъектирования в пещере.

Вплоть до 1997 года Научно-исследовательский институт Дуньхуана и Институт сохранения предметов искусства Гетти, вели совместный проект по консервации росписей в пещере 85 Могао в Дуньхуане. Повреждения настенных росписей, отделившихся от скалы, являются ключевыми моментами в исследовании и

разработке технологии инъектирования полости при реставрации.

Для реставрации настенной росписи в пещере Могао номер 85 использовался инъекционный материал из глины, стекловидных микросферы, натуральной пемзы, дистиллированной воды (1:0.71:0.1) и яичного белка (составляющего 5% от общего количества материала). Подробнее см. раздел “3.2.4.1”

Процессе инъектирования состоит из нескольких этапов.

1. Определение мест отслоения настенной росписи. В месте где штукатурка отстала, сверлят отверстия.
2. Перед инъектированием впрыснуть раствор (состав: раствор силиката калия, кремнезем) шприцем для укрепления штукатурки внутри расслаивающейся росписи. После полного затвердевания раствора, проводится инъектирование.
3. Затем штукатурка прижимается доской, между штукатуркой и доской прокладывается 2 до 3 слоя абсорбционной бумаги, на 2 - 3 дня. Абсорбирующую бумагу следует заменять 2 раза в день, до полного высыхания [21, с 45].

3.2.2 Технологии и материалы при реставрации шелушений красочного слоя в пещерах Могао (укрепление красочного слоя).

Для устранения повреждений, шелушения краски, были использованы консервирующие материалы для адгезии и консолидации.

Материалы для реставрации настенных росписей не должны быть токсичными, не иметь запаха и цвета, обладать прозрачностью, иметь лучшую прочность сцепления, хорошую стабильность, быть безвредными для настенных росписей после старения материала и так далее.

В 1957 году чехословацкий специалист по реставрации артефактов Джозепп Джеральд (Josepn Gerald) провел эксперимент по реставрации настенных росписей в пещере 474 Могао с помощью казеинового клея. Эксперимент не дал желаемого эффекта реставрации, оставив на поверхности настенной росписи множественные коричневые коллоидные потеки [22, с.80].

В начале 1950-х годов в Дуньхуанском научно-исследовательском институте, протестировали несколько прозрачных традиционных животных или растительных клеев.

В древности в настенных росписях нашей страны в качестве связующего использовали клей из натуральных водорастворимых материалов, которые химически нейтральны. Такие материалы не имеют никакой неблагоприятной реакции на пигмент. Таким образом, для реставрации росписи по-прежнему используют эти клеи, который не приводят к ухудшению настенных росписей.

Например, при использовании желатина, оленьего клея (мягкий и жесткий), трагаканта, рыбьего клея (плавательный пузырь), персикового клея и других материалов для реставрации настенных росписей. Результат теста: 5% желатин, 8% - 12% олений клей, 5% - 10% трагакант, 2% - 8% рыбий клей, 3% - 6% персиковый клей и другие различные пропорции водного раствора, относительная

стабильность, бесцветны, нет повторного отслаивания красочного слоя, что удовлетворяет требованиям к реставрации.

Реставрационный эксперимент на небольшой площади был проведен в пещере 130. Эксперимент показал, что животные и растительные связующие материалы сами по себе являются питательной основой микроорганизмов, легко формируются и портятся во влажных условиях. Самым большим недостатком этих материалов является то, что они могут портиться во время использования, а также не устойчивы к старению [20, с.177].

Таким образом, в 1962-е годы учитывая климат Могао и специфическую ситуацию разрушения настенных росписей, а также в сочетании со ссылкой на зарубежные реставрационные данные, проведены сравнительные испытания на прочность, стабильность и физические и химические изменения поливинилового спирта (ПВС), поливинилацетатной эмульсии (ПВА), поливинилбутираля (ПВБ), этилцеллюлозы и полиметилметакрилата (ПММА). Результаты испытаний показывают, что некоторые растворы из этих материалов не бесцветные и прозрачные, некоторые из них загрязняют росписи после использования, а некоторые из-за плохих условий вентиляции в пещере плохо улетучиваются, что загрязняет воздух и влияет на здоровье человека. Мы сосредоточились на поливинилово-м спирте, поливинилацетатной эмульсии. провели сравнительные систематические эксперименты и попытались реставрировать повреждения настенных росписей в пещере 161 гротов Могао. Результаты показывают, что эмульсия поливинилацетата и раствор поливинилового спирта обладают хорошей

межслойной адгезией к слою глиняной штукатурки, слою грунтовки и пигментному слою настенных росписей Могао. Они проявляют лучшие физико-химические свойства, в меньшей степени влияя или изменяя природу росписи, а также устойчивы к старению. Два материала, по отдельности или смешанные в разных пропорциях, обладают хорошим смягчающим, связывающим, проникающим и укрепляющим действием чешуйчатого шелушения красочного слоя [21, с. 82].

Результаты эксперимента ПВА, ПВС и их смесь.

- 1) 1% -3% поливиниловый спирт
- 2) 1% -1.5% поливинилацетатная эмульсия
- 3) Поливиниловый спирт 1.5%: эмульсия поливинилацетата 1% (4: 1)
- 4) Поливиниловый спирт 2.5%: эмульсия поливинилацетата 1% (4: 1)

Вышеупомянутые материалы используются для укрепления большого количества настенных росписей при таких повреждениях как шелушение и потеря краски. Наиболее важными пещерами в Могао являются пещеры №45, №55, №71, №85, №98, №159, №268, №285, №431.

Технология реставрации отставания красочных слоев.

Например, реставрация шелушения поверхности настенных росписей в пещере номер 161. Красочный слой имел серьезные отставания от основы. Для укрепления использовали смесь поливинилового спирта и эмульсии

поливинилацетата. Процесс реставрации настенных росписей включает пять этапов:

1) Расчистку от пыли и песка поверхности настенных росписей с использованием небольшого портативного пылесоса.

2) Укрепление красочного слоя методом инъектирования с помощью шприца. В процессе укрепления вводят 3% эмульсии 2-3 раза, пока он слегка не высохнет. С помощью бамбукового, деревянного или шпателя из нержавеющей стали прижимают отставание красочного слоя к штукатурке.

3) После этого отводят воздух, с помощью ватного ватного тампона (шарика), его заворачивают в нежный белый шелк, размер в диаметре обычно около пяти сантиметров. Ранее также использовали марлю или грубую ткань, завернутую в хлопок, во время прессования текстура ткани отпечатывалась на росписи поэтому эти материалы теперь не применяются.



Рис. 43 Ватный шарика заворачивают в нежный белый шелк.

4) Укрепление красочного слоя методом распыления клея на поверхность красочного слоя. При общем укреплении методом распыления, могут быть выявлены полости с отставанием штукатурки. На поверхности красочного

слоя после общего укрепления в таких местах образуются вздутия красочного слоя.

5) После того, как распыленный клей достигнет на 70% высыхания росписи покрывают пленкой (раньше пользовали белый шелк или японская бум) и небольшой валик (Рис 44), чтобы выровнять и уложить красочный слой росписи, но необходимо не оставлять следов на поверхности настенных росписей [20, с.177-178].



Рис. 44

В 1997 году, в совместном проекте по консервации росписей института Дуньхуана и Института Гетти заметили, что в пещере 85 после укрепления поливинилацетатными эмульсиями в 1974 году, где было малое содержание соли, красочный слой был стабилен и не подвержен шелушению, и только небольшие участки росписи имели отставания красочного слоя.

Напротив, высокое содержание соли в большей части пещеры вызвало ухудшение, вновь появились повреждения, причем более серьезные, чем это было раньше. Именно поэтому возникла необходимость переосмысления материалов и методик по укреплению. Необходимо было разработать материалы укрепления, подходящие для пещер Могао.

Были протестированы следующие клеи: желатин, мездровый клей, костный клей, трагакант камеди, PVAc и Primal™ AC-33 (акриловая эмульсия). В качестве наиболее подходящего материала был выбран желатин.

Основываясь на первоначальных результатах, PVAc и Primal™ AC-33 были исключены в качестве возможных материалов, в то время как желатин, клей из шкур, костный клей и трагакант камеди были дополнительно протестированы в различных концентрациях: желатин (1% и 2%), мездровый клей (1% и 2%), костный клей (1% и 2%) и трагакант камеди (1% и 0,5%). Проведены анализы на старение, на проверку глубины проникновения и проверка клея на прочность. В качестве наиболее подходящего материала был выбран желатин[15, с.282-283].



Рис. 45

Методы реставрации: нагревание желатина на водяной бане перед использованием способствует поддержанию низкой вязкости для хорошего проникновения; укрепление клеем производилось методом инъектирования с помощью шприца; далее места отставания красочного слоя укладывались с помощью деревянного шпателя через слой пленки (Рис. 45).

Примерно в 2000 году водные дисперсии полиакрилатов, силикон акрилатных сополимеров были введены для реставрации настенной росписи Дуньхуана, а

также других гротов и храмов в Синьцзянеи Тибете.

В настоящее время основными полимерными материалами для реставрации и консервации Дуньхуанских росписей являются водные дисперсии полиакрилатов, силикон-акрилатные сополимеры, поливинилацетат, поливиниловый спирт и желатин.

3.2.3 Технология и материалы для удаления солей из структуры росписи.

В результате вышеупомянутого исследования (Глава 2) настенных росписей повреждение солью происходит из-за того, что соль под влиянием изменений температуры и влажности будет производить различные повреждения росписей. Соль производит многократное повреждение росписи при изменении внешней среды, поэтому удаление соли из структуры настенных росписей - лучший способ полностью решить проблему ее солевого повреждения. Однако из-за хрупкости настенных росписей полное удаление соли из их структуры невозможно, но возможно уменьшение соли до определенного уровня, в сочетании с контролем внешней среды так, чтобы в ней не происходили процессы кристаллизации и растворения, чтобы предотвратить возникновение или развитие солевых повреждений.

В данной главе рассматриваются технологии обессоливания (desalination). В центре исследования неустойчивые настенные росписи, поврежденные солью. А также, находящиеся под потенциальной угрозой накопления соли на поверхности

росписи. Например, реставрация настенной росписи, поврежденной высолами или реставрация настенной росписи с накоплениями соли на поверхности с отставанием штукатурного слоя.

В прошлом были проведены реставрационные работы по консервации и восстановлению поврежденных солью настенных росписей. Повреждения включали в себя высолы и отставания штукатурной основы от скалы. Раньше только с помощью связующих материалов просто производилось укрепление пигментного слоя вместе с высолами. Специалисты учитывали потенциальную угрозу соли, но не могли ее удалить^[18]. Впоследствии в местах высолов использовали метод замены глиняного слоя^[19]. Дуньхуанская исследовательская академия и Институт Сохранения Гетти (GCI) создали совместный проект «Научно-исследовательская работа по консервации 85-й пещеры Могао в Дуньхуане». В ней содержались исследования и предлагался набор методов защиты росписей, поврежденных солью в пещере 85, а также методика удаления солей после инъектирования полостей в структуре настенной росписи^[20].

В последние годы, основываясь на опыте реставрации пещеры номер 85, использовании результатов исследований и разработке нового высокого абсорбентного смоляного материала, в сочетании с технологиями реставрация 85 пещеры, проведены исследования и реставрация росписи, включающая в себя

^[18] Дуань Сюйе Сунь Хунцай Доклад о восстановлении настенных росписей высолы в пещере Могао № 108, Исследование Дуньхуана, 1990, вып 3, с. 92-94

^[19] Дуань Сюйе, Фу Пэн, Фу Юйсу, Сюй Шучин Реставрация настенных росписей высолы и отставание в пещере №16 Могао, Исследование Дуньхуана, Ланьчжоу, 2005, вып 4, с.30-34.

^[20] Фан Цзэсуань, Стивен Рикерби, Лиза Шекеде, Цяо Хай, Тан Вэй, Ян Цзиньцзянь, Исследование технологии реставрации настенной росписи в гротах Могао 85-я пещера, Дуньхуан, Исследование Дуньхуана, Ланьчжоу, 2008, вып 6, с.19-22

устранение солевых повреждений, проведение полевых испытаний с помощью обессоливания^[21].

3.2.3.1 Реставрационный материал для удаления солей из настенных росписей.

Новый полимерный материал - высокая абсорбентная смола (Super Absorbent Resin , SAR) - это сильная абсорбирующая смола, с сильной способностью абсорбции солевого раствора.

Выбор высокой абсорбентной смолы для обессоливания основан на трех аспектах:

- Нейтральная среда, не вызывающая повреждения настенных росписей.
- На основании большого количества солей, выбирался материал, который быстро впитывает соль и удобен для практической работы.
- Экономный и практичный.

Подготовка высокой абсорбентной смолы для обессоливания.



Рис. 46 Подготовка экспериментального устройства.

Реагентные материалы.

²¹ Фань Цайсюань, Чэнь Ганчуэн и Су Бомин Экспериментальное исследование по консервации и реставрации настенных росписей в пещере 98 Могао[J], 2009, вып. 6, с.4-7

Акриламид (АМ, C_3H_5ON), картофельный крахмал, пероксодисульфат калия, сульфит натрия, гидроксид натрия, безводный метанол, N,N'-Метилен-бис-акриламид (сшивающий агент, $C_7H_{10}N_2O_2$), Промышленный азот(N_2). Кроме крахмала, имеющегося в продаже, остальные реагенты являются аналитически чистыми. 40 г/л раствора акриламида добавляли 500 мл, сшивающего агента N, N-метиленбисакриламид - 7 г, при температуре 60°C и реакционная смесь перемешивалась в течение 1.5 часов. Азота поддерживалась в течение всего периода реакции.

Наилучшие результаты по данным ортогональных экспериментов: 5 г высушенного картофельного крахмала полностью замачивались в деионизированной воде (около 30 мин), раствор крахмала нагревали продувкой азотом в течение до 80-85°C на водяной бане в течение 30 минут при перемешивании с образованием суспензии крахмала (желатинизация). После температура снижалась до 50°C, добавляли 15 г персульфата калия и 0,5 г твердого сульфита натрия. Затем в реакционную колбу добавляли 60 г твердого гидроксида натрия, оставили для реакции омыления при 95 °C в течение 1 часа, добавляли безводный метанол, продукт реакции полностью замачивали в течение 30 минут.

Омыленный продукт отфильтровали и несколько раз промыли дистиллированной водой для удаления непрореагировавшего исходного вещества, мономера и промывание продолжали до тех пор, пока основность pH раствора не стала равной 7. Образец сушили при температуре 95 °C. После измельчения и последующего

фильтрования через сито получают порошкообразный сверхпоглощающий КОМПОЗИТ.

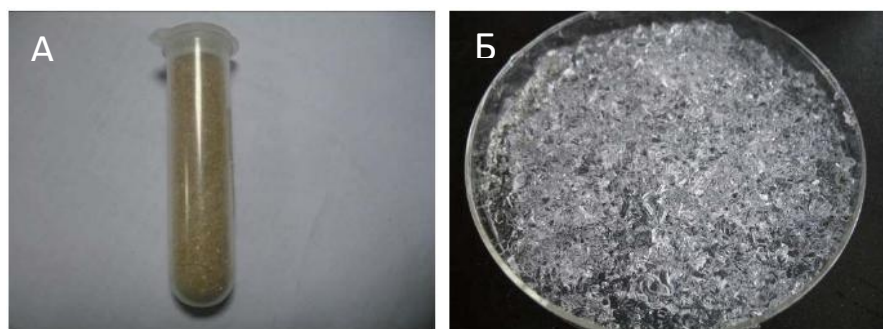


Рис. 47 А. Морфология смолы до водопоглощения.

Б. Морфология смолы после водопоглощения.

Экспериментальные результаты.

Характер обессоливающих материалов.

Взвешивают смолу M_1 г, замачивают в дистиллированной воде и различных растворах солей (NaCl и Na_2SO_4 в качестве испытуемого), через определенное время взвешивают как M_2 г, Скорость поглощения смолой, будет следующей: $Q = (M_2 - M_1) / M_1$ рассчитать скорость поглощения.

Наилучшие результаты ортогональных экспериментов: 1%, 3%, 10% раствор хлорида натрия, 1%, 3% раствор сульфата натрия, скорость поглощения: 58.5, 52.3, 38.7, 56.6, 48.7. [29, с.101-102].

Концен.	NaCl		Na ₂ SO ₄
	3 мин	10 мин	3 мин
1%	52.3	/	52.3
3%	38.7	45.3	42.7
10%	33.7	37.2	/

Скорость поглощения материала для обессоливания [23, с.176].

Анализ с помощью растрового электронного микроскопа.

Фотографии СЭМ показывают, что внутри смоляного материала распределено больше мелких пор, что очень способствует поглощению водно-солевого раствора.

Фотография SEM материал после поглощения соли[23,с.177].

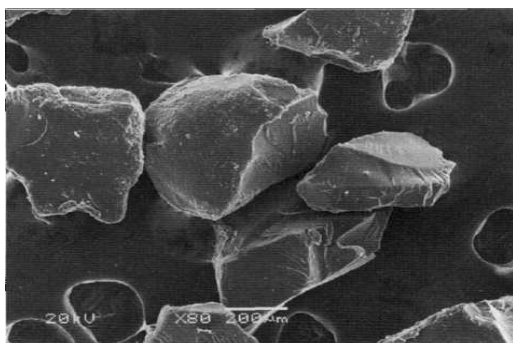


Рис. 48 Фотография SEM 80 х.

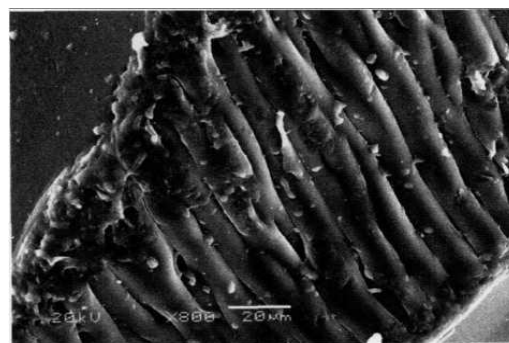


Рис. 49 Фотография SEM 800 х.

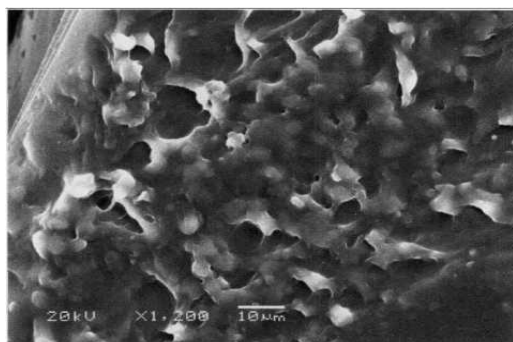


Рис. 50 Фотография SEM 1200 х.

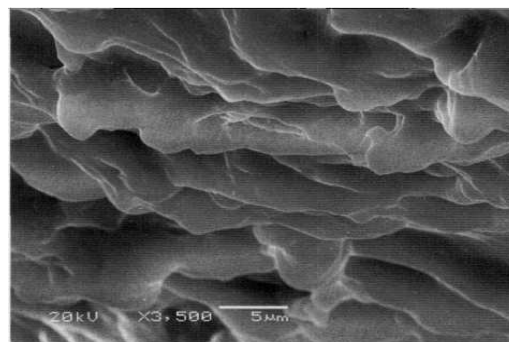


Рис. 51 Фотография SEM 3500 х.

Инфракрасная спектроскопия.

Результаты инфракрасной спектроскопии показали, что в обессоливающем материале имеются типичные амидные структуры (3429см-1, 3200см-1, 1667см-1, 1453см-1), карбоксилатные структуры (1405см-1), крахмальные структуры (2928см-1, 1023см-1, 574см-1) пики поглощения, свидетельствующие о том, что характер материала абсорбции воды и соли являются результатом одновременного действия полиамида и карбоксилата[24,с.138].

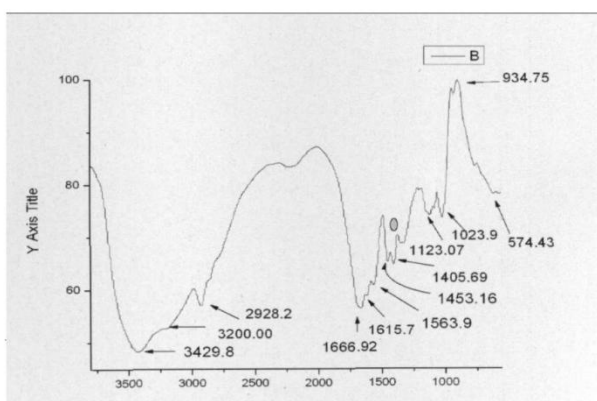


图11 红外吸收光谱图

Рис. 52 Данные инфракрасного поглощения материала.

3.2.3.2 Применение и исследование обессоливающих материалов в пещерах Могао для удаления солей.

Поскольку материалы для обессоливания не могли прямо использоваться на настенной росписи, необходимо использовать компресс (desalination cushion) с хорошим водопоглощением.

Выбор и подготовка материалов обессоливающего компресса.

Выбор Kimberly-Clark "WypAll X60" нетканые материалы, в дальнейшем

именуемый КС-Х60^[22] (Абсорбирующие нетканые материалы, 70-85% натуральное древесное волокно, 10-25% полипропиленовое волокно), шерстяное одеяло, впитывающий хлопок, рисовая бумага, японская хлопковая бумага, М-F2001^[23], грубое шерстяное одеяло, тонкое шерстяное одеяло, губки (толщина 1 см), поверхность губки покрыта обессоливающими материалами (толщина 1 см), в середину губки добавляются обессоливающие материалы (толщина 1 см), Два слоя КС-Х60, в которых середина- это обессоливающие материалы и другие материалы подготовленные для обессоливающего компресса для удаления солей из настенной росписи.

Экспериментальный метод: исследуемый материал разрезают на квадраты стороной 8.5 см, раскладывают на шерстяном одеяле, равномерно опрыскивают деионизированной водой, пресс массой 1 кг давит на исследуемый материал. Взвешивание веса испытуемого материала производилось каждые 15 мин, до веса максимально возможного веса обессоливающих компрессов.

Водопоглощение(%) = (максимуму после водопоглощения - вес до водопоглощения) / вес до водопоглощения *100

Водопоглощение (г / ч) = (максимальное количество после водопоглощения - вес до водопоглощения) / общее время после водопоглощения

^[22] Название продукта Материал протирочный нетканый Kimberly-Clark "WypAll X60", компания Кимберли-Кларк(Kimberly-Clark).

^[23] Синтетические волокна, смешанные с полиэфирной смолой

Материалы обессоливающего компресса	Водопоглощение(%)	Водопоглощение (г\ч)
КС-Х60 с глиной	101.7	4.44
Поверхность губки покрыта материалом обессоливания	231.28	0.93
Губки	2.31	0.14
В середину губки добавлен материал обессоливания	33.49	0.09
Два слоя КС-Х60 (нетканый материал)	322.22	6.96
Два слоя КС-Х60, в которых середина обессоливающие материалы	521.08	7.07
М - F2001	235.8	16.32

Водопоглощающие свойства нескольких обессоливающих материалов компресса[23,с.178].

По результатам эффекта выбран оптимальный нетканый материал - Два слоя КС-Х60, в которых середина обессоливающие материалы, этот материал обладает отличным водопоглощением, водопоглощение до 5,2 раза превышает его собственный вес, водопоглощение 7,1 г. / ч на квадратный дециметр. Было доказано, что обессоливающий материал - сополимеризация акриламида на крахмал, обладает сильным водопоглощением и сильной водопоглощающей способностью. Обессоливающие материалы в середине двух слоев нетканого материала КС-Х60, не так легко испаряются, что что очень удобно для места обессоливания.

Обессоливающие компрессы - это инструмент для реставрации солевых повреждений, на деревянной плите с отверстиями, укладываются материалы компресса, в порядке снаружи внутрь. Структура обессоливающего компресса: защитный слой, состоящий из мягкой японской бумаги - слой, обращенный к росписи, который защищает поверхность росписи; слой обессоливающего материала (два слоя КС-Х60, в которых середина обессоливающие материалы; слой обессоливающего материала (Два слоя КС-Х60, в которых середина обессоливающие материалы; КС-Х60 с глиной); буферный слой - обычно губка толщиной 2 см, ее роль заключается в защите росписи, в предотвращении повреждения поверхности настенной росписи под действием внешней силы; деревянной плиты с отверстиями[24,с. 149].

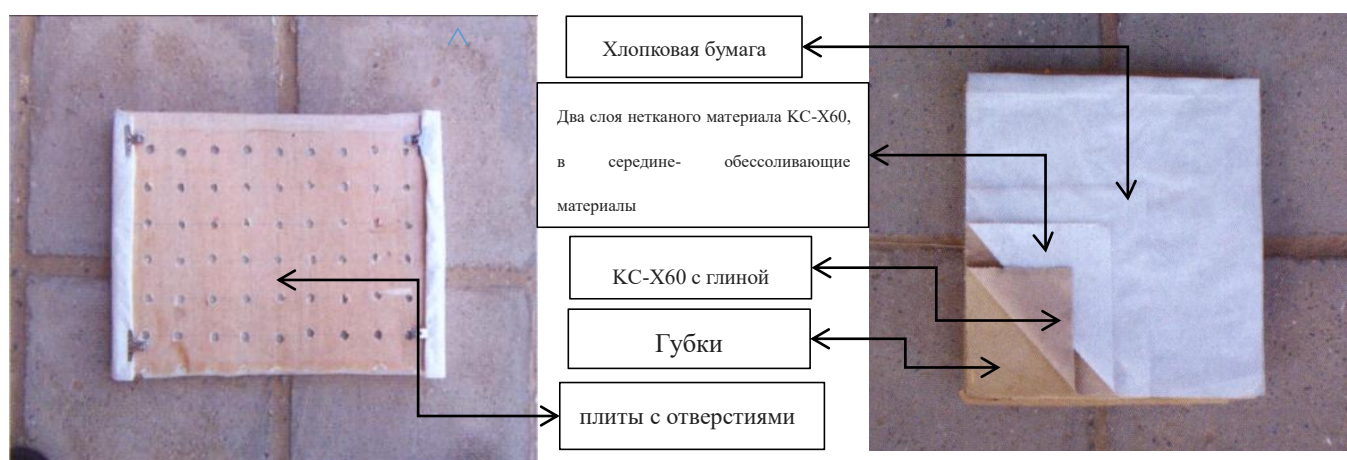


Рис. 53 Структурная схема обессоливающего компресса.

В зависимости от природы материала, который будет обессолен, требуется подготовка вакуумного обессоливающего ящика. После реставрации настенной росписи в нем будет много влаги. Вакуумные обессоливающие ящики предназначены для “вытяжки” влаги из структуры настенной росписи. Для этого требуется положить обессоливающие компрессы в ящик из алюминиевого сплава

с всасывающим устройством (Рис.54). Коробка из алюминиевого сплава и обессоливающий компресс имеют одинаковый размер, и следует стараться его герметизировать, не оставляя зазоров, для успешной работы внешнего вакуумного насоса для выкачивания воздуха (отрицательного давления). Условия откачки вакуумного насоса: 120Л / мин, вакуумметрическое давление от-5кпа до-7кпа [24,с. 150].



Рис. 54 Коробка из алюминиевого сплава.

В **Приложении** показан тип вакуумного ящика. При использовании вакуумного ящика перфорированную алюминиевую перегородку следует поместить в вакуумный ящик, а затем установить на нее обессоливающий компресс; Вакуумный ящик с обессоливающим компрессом опирается на поверхность росписи с помощью опорного стержня, закрепленного на лесах.

Прочность обессоливающего компресса должна быть обусловлена состоянием росписи. Слишком большая опора может повредить роспись, а слишком маленький обессоливающий компресс легко соскользнет и повлияет на эффект обессоливания

Участок обессоливания не должен быть слишком большим. Край

обессоливающего компресса на 20-30 см больше площади инъектированного участка, чтобы уменьшить диффузию воды в инъектированном материале к краям района инъектирования[25].

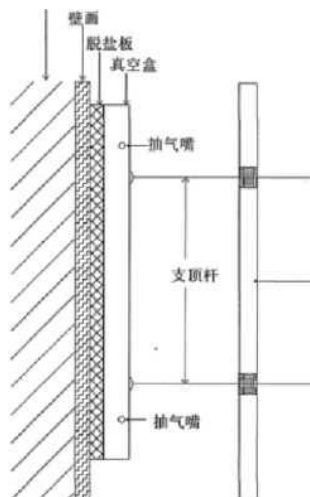


Рис. 55 Схема технологии обессоливания.

При использовании вакуумного обессоливающего компресса (ящика) время высыхания росписи может быть сокращено на 7-8 дней, в то время как естественное время высыхания настенной росписи в тех же климатических условиях составляет около 30 дней[26].

3.2.3.3 Мониторинг замены обессоливающих компрессов.

При использовании обессоливающих компрессов, необходимо следить за относительной влажностью внутри компрессов и своевременно их заменять, т. к. из-за водопоглощения они становятся влажными.

Способ мониторинга заключается в следующем:

С помощью имеющейся в продаже карты с индикатором влажности . Помещается данная карта за вакуумный обессоливающий компресс и записывается значение влажности каждый раз, при его замене.

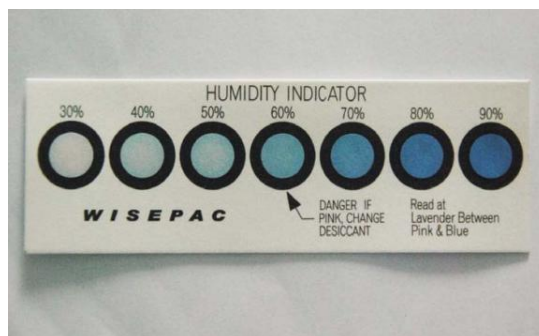


Рис. 56 Тип карты с индикатором влажности.

Когда относительная влажность окружающей среды составляет менее 60%, а относительная влажность на поверхности настенной росписи превышает 60%, обессоливающий компресс следует заменить несколько раз. До тех пор, пока, когда относительная влажность поверхности росписи не станет единой с относительной влажностью окружающей среды обессоливающий компресс следует убрать

Когда относительная влажность окружающей среды превышает 60%, а относительная влажность воздуха на поверхности росписи достигается равной величины, каждые два дня заменяют компресс, заменяют 4 раза, а затем снимают компресс. [25]

Для измерения разности температур между зоной инъектирования и зоной, где не проводилось процесса инъектирования используют инфракрасный термометр. Если температура зоны инъектирования ниже температуры зоны, где не

проводилось процесса инъектирования $>0,3^{\circ}\text{C}$, это указывает на то, что поверхность настенных росписей еще находится во влажном состоянии.



Рис. 57 инфракрасный термометр.

Каждый день необходимо вести мониторинг влажности поверхности настенной росписи, по результатам мониторинга необходимо заменять компресс, до полного высыхания поверхности (разница температур больше не будет изменяться или влажность больше не уменьшится) [24, с.153].

3.2.3.4 Второй этап обессоливания:

Если на поверхности настенной росписи после обессоливания идет образование белого соляного инея, такие места требуют вторичного этапа обессоливания с помощью ультразвукового распылителя водяного пара. В **Приложении** показан тип ультразвукового увлажнителя воздуха.

- Высокопрочную абсорбирующую бумагу нарезают на квадраты стороной 5см, используется пар, создаваемый ультразвуковым паровым распылителем, для увлажнения абсорбирующей бумаги на поверхности настенной росписи. Чтобы бумажный блок полностью прилегал к поверхности росписи он

прижимается мягкой губкой и удаляется, когда бумажный блок высохнет;

- Температура пара 20 градусов Цельсия.
- После 7-8 раз вторичного этапа обессоливания можно добиться удаления солей с поверхности настенной росписи [25].

3.2.4 Технология и материалы реставрации настенных росписей, поврежденных солью.

3.2.4.1 Реставрация глиняного штукатурного основания, поврежденного солями.

Подбор материала для инъектирования полостей в структуре росписи.

Материалы для инъектирования должны иметь отличную воздухопроницаемость, относительно небольшую усадку, короткое время высыхания, небольшой объемный вес, и хорошую работоспособность при использовании.

Инъекционный материал состоит из трех частей - наполнителя, связующего и добавки. Дуньхуанская глина в качестве основного наполнителя, яичный белок в качестве связующего, добавки - натуральная пемза играет роль уменьшения удельного веса, стеклянные микросферы²⁴ (glass microspheres) играют роль увеличения текучести.

²⁴ Полые стеклянные микросферы представляют собой белый сыпучий порошок, состоящий из тонкостенных полых микрошариков правильной сферической формы диаметром 2-120 мкм и толщиной стенки менее 2 мкм.

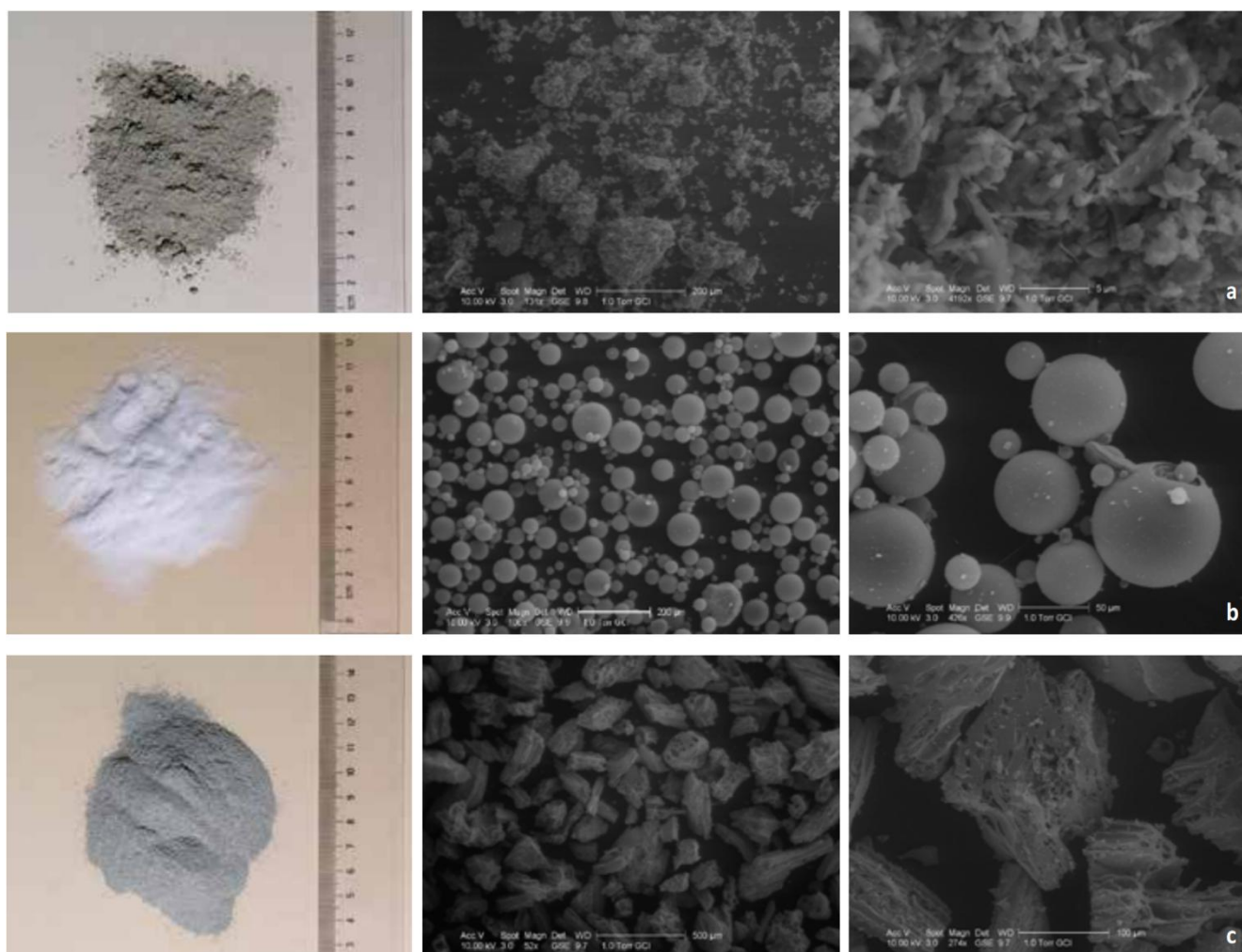


Рис. 58 Согласно наблюдениям экологическим сканирующим электронным микроскопом (ЭСЭМ) показан состав инъектирующих материалов: глины (а); стеклянные микросферы (В) и пемза (С)[15,с. 270].

Перед приготовлением раствора с помощью дистиллированной воды проводится обессоливание наполнителя, для уменьшения количества содержания соли в этих материалах.



Рис. 59 Инъекционный материал.

Яичный белок размешивают в пену и выливают в смешанный наполнитель, для усиления связующих свойств глины, улучшения вязкости, а также предотвращения осаждения, перемешивают мешалкой.

По результатам испытания состава: глина, стекла микросферы, натуральная пемза, дистиллированная вода (1:0.71:0.1) и яичный белок, составляющего 5% от общего количества материала: прочность на изгиб (МПа) 0. 456; прочность на сжатие 1. 168; время сушки (час) 50; Линейная усадка 3. 67; Содержание воды 37. 7; Проницаемость воздуха (г/ см³ · час) $7. 03 \cdot 10^{-4}$; удельный вес г/мл 1. 04; Адгезия (Adhesive force) > 96. 0 предел прочности на сдвиг: 381. 9 - 350. 9 .
Материал имеет отличную воздухопроницаемость, имеет небольшую усадку, короткое время высыхания, небольшой объемный вес, а также материалы имеют хорошую работоспособность при использовании. [27, с.19-20].

И использовал инфракрасный термометр для измерения разности температур между зоной инъектирования и зоной, где не проводилось процесса не инъектирования . Если температура зоны инъектирования ниже температуры

неармированной зоны, где не проводилось процесса инъектирования $>0,3^{\circ}\text{C}$, это указывает на то, что поверхность настенных росписей еще находится во влажном состоянии. [24, с.153].

При выполнении инъектирования впрыснутый раствор отличается от температуры поверхности росписи. Он быстро повлияет на изменение температуры ее поверхности. В зависимости от изменения температуры поверхности росписи можно визуально и точно определить с помощью инфракрасного термометра направление потока заполненного раствора. После эксперимента в пещере №98 Могао, инфракрасная тепловизионная технология является лучшим методом неразрушающего контроля, который может использоваться для мониторинга расслаивающихся росписей и обнаружения процесса заполнения полостей инъектирующим раствором [32].

Процесс реставрации состоит из нескольких этапов.

1.Отверстие для инъектирования:

Отверстие для инъектирования диаметром 0,3 см сверлят миниатюрной электрической дрелью в месте утраты красочного слоя или повреждения глиняной штукатурки, в зависимости от повреждения росписи: отслоения и образования полости, ее степени и размера (рис. 1).



Рис. 60 Отверстие для инъектирования

2. Герметизации трещин

С помощью 1% метилцеллюлозного водорастворимого клея и мягкой бумаги, для герметизации трещин, чтобы предотвратить утечку инъекционного состава и избежать загрязнения на поверхности росписи.

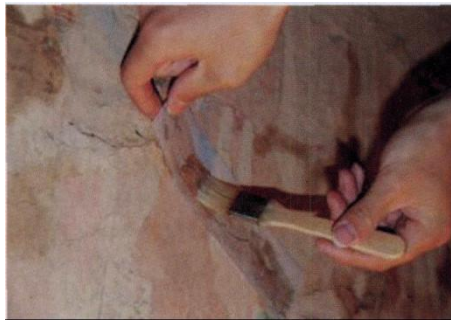


Рис. 61 Герметизации трещин

3. Удаление пыли: для улучшения адгезии удаляется пыль и мусор из полости настенной росписи.

4. Инъектирование.

С помощью шприца и небольшого шланга, установленного на шприц вводится инъекционный материал в внутреннюю часть настенных росписей



Рис. 62 Инъектирование.

5. Удаление мягкой бумаги.

После инъекционных работ, используется дистиллированная вода и мягкая кисть для удаления метилцеллюлозного водорастворимого клея и мягкой бумаги.



Рис. 63 Удаление мягкой бумаги.

6. Удаление соли.

Сразу используется обессоливающий компресс на месте проинъектированного участка, для впитывания воды и растворенных в ней солей. Край обессоливающего компресса на 30-40 см больше площади инъектированного участка.

Необходим ежедневный мониторинг места инъектирования, в зависимости от степени увлажнения росписи и уровня обессоливания, а также неоднократная замена компресса на новый. Процесс описан в разделе "Мониторинг замены обессоливающих компрессов".



Рис. 64 Обессоливающий компресс.

7. Второй этап обессоливания .

С помощью ультразвукового распылителя водяного пара и японской бумаги осуществляется удаление солей с поверхности настенной росписи.



Рис. 65 Второй этап обессоливания.

8. Восполнение утрат основы идентичным материалом (заделка инъекционного отверстия с использованием глины материала идентичного авторской штукатурке) [27, с.21].



Рис. 66 Восполнение утрат основы.

3.2.4.2 Технология реставрации настенных росписей, удаление высолов.

1. Реставрационные материалы при реставрации росписей, имеющих высолы.

В качестве основного материала при реставрации росписей, имеющих высолы используется желатин. Этот материал обладает высокой прозрачностью, хорошей воздухопроницаемостью, умеренной прочностью сцепления и хорошей совместимостью, а также он обратимый, бесцветный, безвкусный, нетоксичный и неагрессивный; рН нейтральный.

В зависимости от различной степени повреждения высолами, в качестве реставрационных материалов для удаления высолов с поверхности настенных росписей выбрана концентрация 0,2% -0,5% водного раствора желатина [24, с.154].

2 Процесс реставрации настенных росписей, удаление высолов.

Мониторинг уровня влажности и методы обработки включают в себя замену обессоливающих компрессов, использование карты индикатора влажности или инфракрасного термометра, определяющего степень влажности в соответствии с результатами мониторинга, пока настенные росписи полностью не высохнут.

1 Удаление пыли.

С помощью шарика для мытья ушей (Washing ear ball) и мягкой кисти удалить пыль и песок с поверхности настенных росписей. Из-за высолов красочный слой

росписи очень хрупкий. Из-за деструкции глиняной штукатурки основа подвержена мелению, поэтому удаление пыли нужно проводить особенно осторожно. Необходимо не только удалить пыль, но и сохранить порошок глиняной штукатурки



Рис. 67 Удаление пыли.

2. Восполнение утрат глиняной штукатурки, вызванных солеобразованием.

В местах высолов настенной росписи, авторская штукатурка деструктирована и утрачена. После процесса обессоливания приступают к восполнению утрат глиняной штукатурки глиняным раствором.

Сначала 0,2% желатина многократно вводят в недостающие части глиняной штукатурки, так что клей просачивается в слой штукатурки, затем идет заполнение глиняным раствором в местах неровностей росписи с помощью шприца или пипетки.



Рис. 68 Восполнение утрат глиняной штукатурки.

3. Укрепление

Когда восполненные фрагменты утраченной штукатурки становятся полусухими, проводится укрепление красочного слоя. С помощью шприца вводят 0,2%-ный раствор желатина под шелушение. После того как клей впитается, используется шпатель из нержавеющей стали, чтобы поджать красочный слой к глиняной штукатурке.



Рис. 69 Укрепление.

4. Второй этап обессоливания

Укрепление поверхности красочного слоя с помощью 0.5% - ного раствора желатина 1-2 раза. После этого отставание поджимают, отводя воздух, с помощью ватного (тампона) шарика.



Рис. 70 Повторное укрепление.

5. Укладка красочного слоя с помощью шпателя.

Использован большой деревянный шпатель, чтобы выровнять и уложить красочный слой настенных росписей. Но необходимо не оставлять следов на

поверхности настенных росписей.



Рис. 71 Укладка красочного слоя с помощью шпателя

6. Обессоливание.

На поверхности росписи установлены обессоливающие компрессы для впитывания воды и растворенных в ней солей. Край обессоливающего компресса на 10 см больше площади укрепляемого участка.



Рис. 72 В процессе обессоливания

7. Второй этап обессоливания.

После того, как настенная роспись высохнет, с помощью ультразвукового увлажнителя воздуха, смачивают квадратную японскую бумагу размером 5×5 см и покрывают поверхность росписи. Необходимо использовать губку, чтобы японская бумага полностью прилегала к поверхности красочного слоя. После высыхания ее необходимо удалить [24, с.154-155].

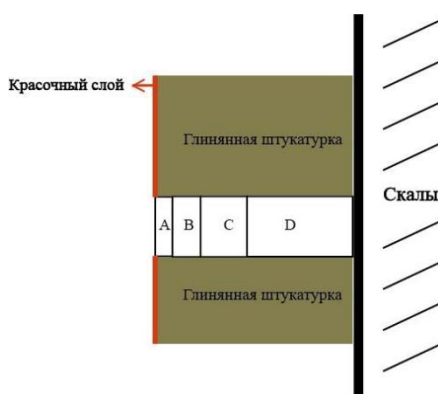


Рис. 73 Второй этап обессоливания.

3.2.4.3 Анализ проведенных работ по удалению солей из структуры живописи. (Эффект обессоливания)

Анализ с помощью «микро-керна».

Основываясь на методе отбора керна в геологии (бурении породы полый стальной трубой), до и после процесса обессоливания используют "микро-керновые" пробоотборники (Диаметр около 5 мм) для отбора проб различной глубины настенных росписей в местах утрат красочного слоя с грунтом. От поверхности до нижнего слоя обозначаются как А (0 мм-2 мм), В (2 мм-5 мм), С (5 мм-7 мм), D (7-10 мм до породы) четыре слоя. Эти образцы были проанализированы методом ионной хроматографии. Такой метод называется "отбор микро-керна."



Отбор микро-керна.

Тонкослойный хроматографический метод анализа.

Необходимо использовать тонкослойную хроматографическую бумагу (тип 81-24, Newark, Delaware USA, 19714) разрезают ее на 1×2 см (вес около 0.04g, толщина 1 мм). Бумагу пропитывают дистиллированной водой и устанавливают на поверхности росписи, оставляя на определенное время, далее она снимается пинцетом и замачивается в деионизированной воде, с помощью Ион-селективного электрода (ISE) для определения концентрации хлоридов (Cl^-) в растворе. [24, с.156]



Рис. 74 Бумага на поверхности настенной росписи.



Рис. 75 Ион-селективный электрод.

3.2.4.4 Реставрация поврежденных солью настенных росписей - на примере пещеры № 98.

1 Реставрация отставаний глиняной штукатурки в пещерах Могао.

В нижней части северной стены пещеры 98 были выбраны две области А и В. В местах этих областей наблюдаются схожие повреждения. На области А площадью 25×32 см косая трещина 23 см в середине глиняной штукатурки и

боковая трещина 40 см с восточной стороны, ширина трещины составляет 2 мм. Имеются следы реставрации. Площадь В составляет 30 ×35 см, растрескивание штукатурки, продольная вмятина с западной стороны, имеются следы реставрации.

В 1970-х годах две области пещеры Могао 98 А и В были укреплены, с помощью 1% поливинилацетатной эмульсии (белый латекс, PVAc): 1,5% поливинилового спирта (PVA)=4: 1.[158]

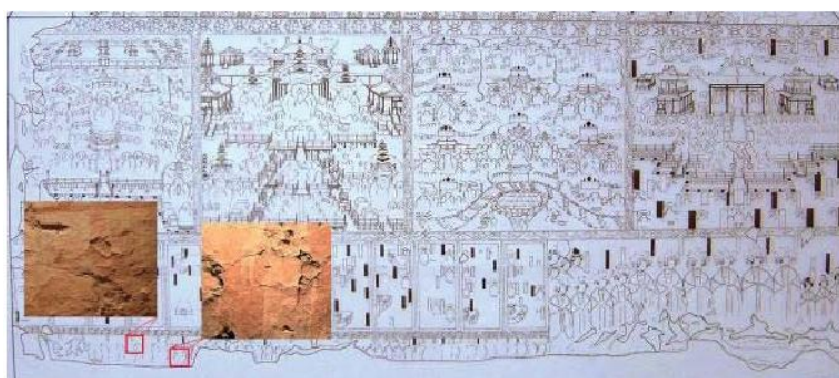


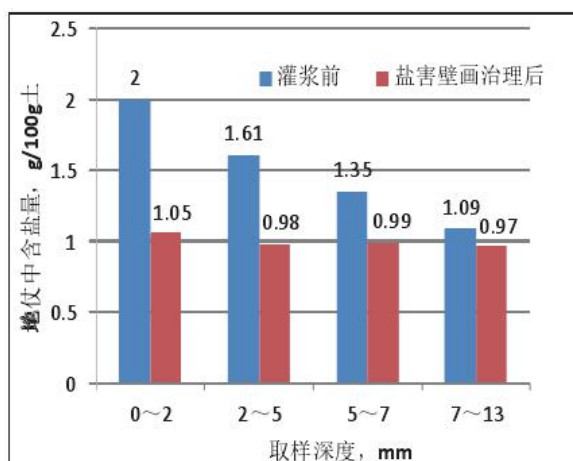
Рис. 76 Северная стена пещеры 98 (область В слева и область А справа).

Обе области были проинъектированы, из структуры живописи были удалены соли в соответствии с инъекционным материалом и процессом реставрации, описанными в “3.2.4.1 Реставрация глиняного штукатурного основания, поврежденного солями”. В области А использовали обессоливающий компресс, а в области В вакуумный обессоливающий ящик. (глава 3.2.3)

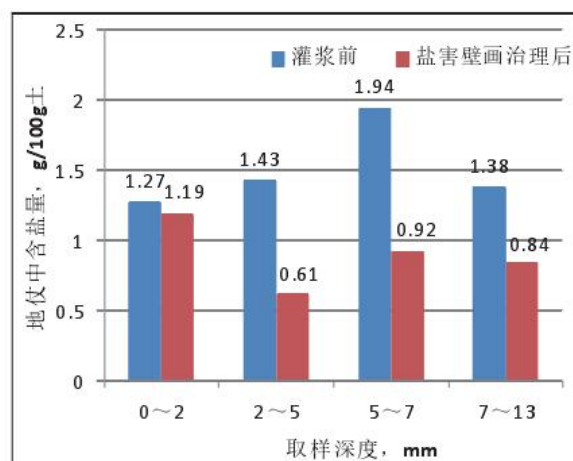
Анализ результатов обессоливания.

1 Анализ с помощью отбора "микро-керна"

В области А и зоне В были выбраны два схожих по повреждениям места для отбора проб перед инъектированием и после процесса обессоливания.



Область А

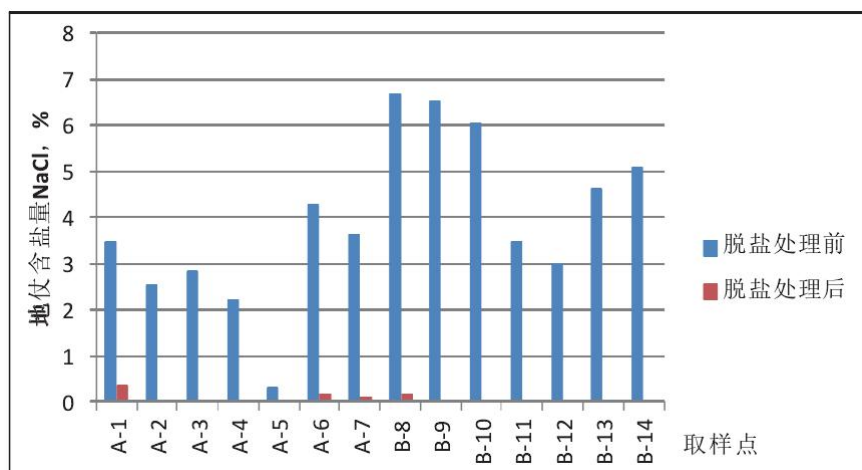


Область В

Образец анализировали методом ионной хроматографии. По результатам анализа видно, что содержание растворимых солей значительно снизилось в процессе обессоливания настенной росписи. Среднее содержание соли в глиняной штукатурке в области В снизилось более чем на 40% после процесса обессоливания и на 34% в зоне А, что доказывает, что эффект от использования вакуумного обессоливающего ящика более очевиден, а также снижает содержание соли в глубине настенной росписи [24, с.160].

2 Тонкослойный хроматографический метод анализа.

Отбор пробы в области А и области В после инъектирования и после процесса обессоливания. Изменения содержания соли на поверхности настенной росписи были проанализированы методом тонкослойного хроматографического анализа, было выбрано 7 одинаковых мест (А1-7; В1-7) в каждом из двух областей для отбора проб для анализа. Результаты показали, что содержание соли (рассчитанное с помощью NaCl) на поверхности настенных росписей после процесса обессоливания значительно снизилось.



Отбор пробы в области А и области В после инъектирования и после процесса обессоливания [24, с.162].

2 Реставрация настенных росписей, удаление высолов.

Выбирали две области С и D в середине западной стены пещеры 98. В зоне С наблюдаются соли в структуре штукатурного слоя, шелушение и утраты красочного слоя, наличие следов реставрации. В зоне D наблюдаются повреждения штукатурного слоя с выходом солей на поверхность живописи, белые кристаллические частицы соли можно наблюдать невооруженным глазом на поверхности красочного слоя, есть очевидные следы реставрации.

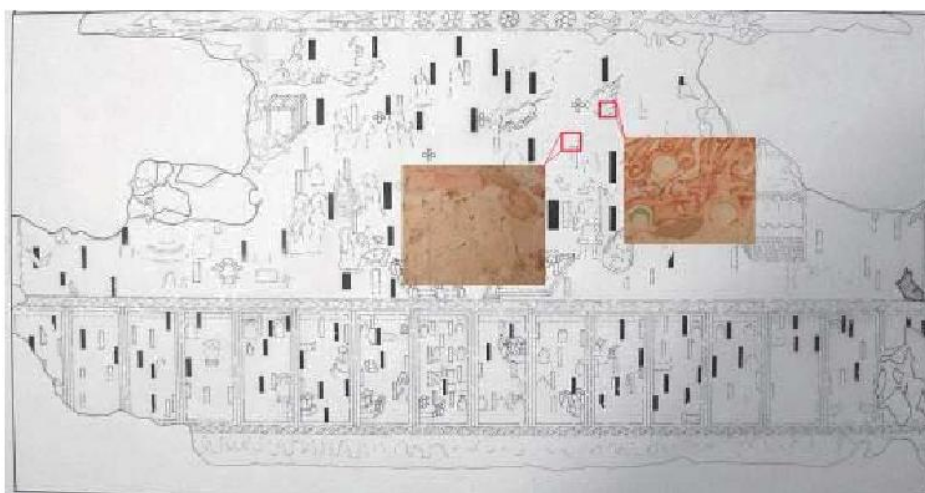


Рис. 77 В пещере 98(область С слева и область D справа).

В 1975 году в данных областях С и D красочный слой был укреплен с помощью 1% поливинилацетатной эмульсии (PVAc): 1,5% поливинилового спирта (PVA)=4:

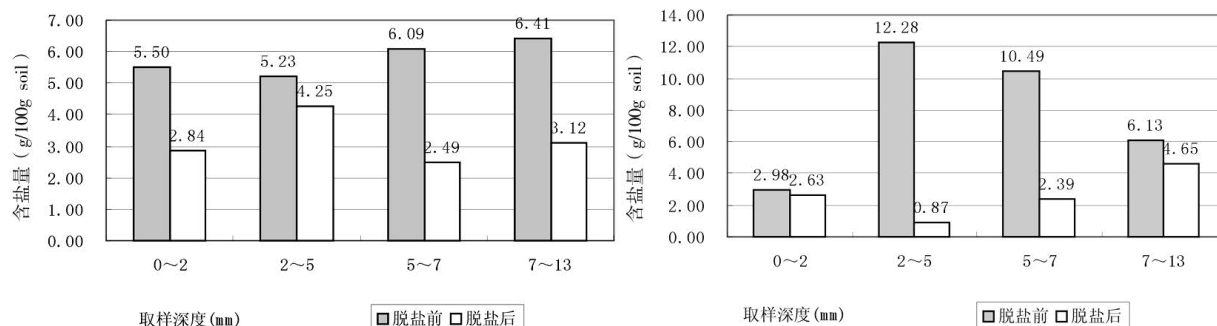
1. В 2001 году использовали 2,5% поливинилацетатную эмульсию для укрепления глиняной штукатурки. В то время смешивали 5% эмульсию PVAc с глиной для инъектирования полостей настенных росписей, но не проводили обессоливания.

В соответствии с "3.2.4.2 Технология реставрации настенных росписей, удаление высолов" В области С использовали обессоливающий компресс из двух слоев нетканого материала wpy*all-X60 (КС-X60), а в области D - обессоливающий компресс из двух слоев нетканого материала wpy * all-X60, в середине которого был добавлен обессоливающий материал.

Анализ проведенных работ по удалению солей из структуры живописи

Способ анализа с помощью отбора "микро-керна".

Отбор проб проводили до и после реставрации (обессоливания) настенных росписей на разных глубинах в области С и области D, и анализировали с помощью ионного хроматографа. По результатам анализа видно, что содержание солей в настенных росписях после реставрации значительно снизилось.



область С

область D

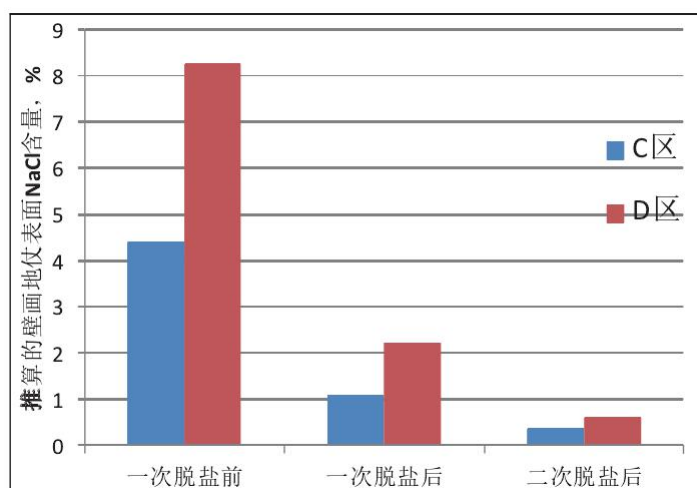
Сравнительный анализ распределения соли в росписи до и после обессоливания

[26, с.7]

Можно видеть, что эффект обессоливания настенных росписей в области D более очевиден, компресс с использованием обессоливающего материала лучше, чем без него (область C).

Тонкослойный хроматографический метод анализа.

В областях C и D отбораны пробы до устранения солей из структуры живописи, после процессов обессоливания и после второго процесса обессоливания с помощью ион-селективного электрода (ISE) для определения концентрации хлоридов (Cl^-) в растворе.



Сравнение эффекта после обессоливания с помощью тонкослойный хроматографического метода анализа. [24, с.165]

Результаты показывают, что до процесса обессоливания содержание соли на поверхности настенной росписи очень высокое, после процесса обессоливания содержание соли снижается примерно на 74%, после вторичного процесса обессоливания содержание соли на поверхности росписи снижается более чем на

90%, содержание соли (в пересчете на NaCl) составляет около 0,4% -0,6%, что эквивалентно содержанию соли в фрагментах росписи пещеры 98, которые не были подвержены повреждению солями. Это показывает, что содержание соли на поверхности настенной росписи после вторичного процесса обессоливания минимально. Сравнение области С и области D показало, что в области D между слоями компресса используется обессоливающий материал, что способствует лучшему удалению солей [24, с.165-166].

3.2.5 Анализ копоти от дыма и ее удаление с поверхности авторской живописи настенных росписей в пещерах Могао.

Большая часть этих повреждений возникло из-за странствующих во время войн солдат, которые готовили еду в пещерах на костре. Поверхность настенных росписей темная, копченый слой толстый. По статистике, в Могао насчитывается 29 закопченных пещер, настенные росписи площадь настенных росписей составляет 1110 квадратных метров.

В конце 1950-х годов некоторые из менее закопченных дымом настенных росписей в пещере 71 были расчищены, с использованием нескольких окислителей, таких как азотная кислота, перманганат калия и так далее и нескольких органических растворителей, таких как этанол, мыльная вода, циклогексанон, ацетон, толуол. Они были протестированы, но все без очевидного эффекта.

Затем выбрали для использования неорганическую щелочь-гидроксид натрия

(NaOH). По результатам гидроксид натрия может удалять копоть при любой концентрации.

Для того чтобы сделать эту технологию более совершенной, были проведены дальнейшие испытания.

Из пещер Могао были выбраны №71, №235, №452, №294, №261. Эти пять пещер, покрытых копотью, были проанализированы и сравнены. Проведен анализ состава глиняной штукатурки и слоев закоптелых настенных росписей.

В тех местах, где не было настенных росписей, были взяты пробы глинистой штукатурки. После удаления травы, конопли, хлопка и других волокнистых примесей, пробы измельчали для того чтобы полностью понять состав закоптелого глинистого слоя.

С этой целью был проведен качественный анализ катионов с использованием анализа эмиссионной спектроскопии (Optical emission spectroscopy), качественный анализ анионов с использованием химического анализа, количественный анализ с использованием спектрофотометрии.

Из результатов анализа следует, что копоть состоит в основном из ароматических соединений, смешанных с небольшим количеством неорганических элементов, большим количеством углерода, серы в виде сероводорода и смешанного с небольшим количеством диоксида серы и сульфатов.

По анализу компонентов глинистой штукатурки и компонентов копоти можно найти определенные реагенты, которые могут вступать в реакцию с компонентами

дыма, повредившими глинистый и красочный слой [33].

Выбор чистящего средства производился по следующим принципам:

1. Чистящие средства должны быть способны вступать в реакцию с большинством элементов и соединений, входящих в состав ингредиентов копоти.
2. Чистящее средство должно быть бесцветными и без запаха. Цвет самого реагента может привести к изменению цвета в росписи.
3. После реакции с чистящим средством может выделяться газ, не воздействующий на химический состав

1. Без цвета и без запаха

2. Высокая растворимость в воде

3. После реакции с чистящим средством может выделяться газ, не добавляя лишних элементов в росписи.

4. Не повреждать глинистый слой и красочный слой.

Органические реагенты уже испытывались раньше, эффект от их применения не очевиден. Поэтому в этом тесте были выбраны только неорганические растворители и сильные основания слабых кислот, есть некоторые нейтральные и слабокислые реагенты в водном растворе.

Был выбран безводный карбонат натрия, кристаллический углекислый натрий, гидроксид натрия, гидрокарбонат натрия.

По результатам эксперимента определено использование кристаллического

карбоната натрия в качестве чистящего средства, лимонной кислоты в качестве нейтрализующего агента.

Условия удаления копоти.

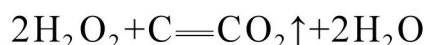
Отработаны методы с учетом температуры и относительной влажности и некоторыми другими условиями при очистке настенных росписей.

Оказалось, что слой копоти легче удалить при температуре 15-25°C. Слишком высокая температура, не способствует очищению, слишком низкая не способствует эксплуатации, а эффект медленный, влага и другие вещества легко попадают в глиняный слой, что может привести к его разрушению.

Климат Могао сухой, среднегодовая относительная влажность воздуха в пещере составляет 29,52%, что не способствует очищению. Эксперимент показал, что, когда относительная влажность достигает 60%, ее очень легко очистить кристаллическим карбонатом натрия, но при этом условии части пигментного слоя росписи из-за относительной влажности грозит осыпь. При влажности 50% процесс очищения облегчается (особенно для более тяжелых задымленных пещер), красочный слой не разрушается.

После удаления копоти в пещере 71, росписи были открыты, но на поверхности настенных росписей еще существует тонкий слой углеродных частиц, об удалении этого аспекта было сообщено за рубеж. Была отработана методика по удалению таким же образом, эффект удовлетворительный. Использовался 5% раствор перекиси водорода и щетка. Остаточные частицы углерода были удалены за очень короткое время, роспись приблизилась к основному цвету. Перекись водорода и

частицы углерода реагируют следующим образом:



Для того чтобы предотвратить воздействие избытка перекиси водорода на глинистый слой и пигментный слой, росписи очищают только один раз и сразу же промывают водой.

Технология очищения настенных росписей, которые были покрыты копотью от дыма.

Были приготовлены растворы концентрации 0,4 М и 0,6 М раствора кристаллического карбоната натрия и 0,5 М раствора лимонной кислоты.

1. Проводилась фотосъемка и детальная запись текста перед очищением (Письменные записи должны были включать степень поражения копотью, температуру и влажность в пещере перед очищением, предпочтительно отчет об анализе глинистого слоя росписи).

2. Регулирование влажности и температуры в пещере.

3. Кристаллический раствор карбоната натрия наносился мягкой кистью и поверхность протиралась в одном направлении. После реакции кристаллического карбоната натрия, поверхность немедленно промывали водой.

4. После очищения, с помощью кисти наносится слой раствора лимонной кислоты для нейтрализации предыдущего раствора на поверхности росписи. Количество строго контролировалось. Для нейтрализации использовали дистиллированную воду.

5. Используя кисть, наносили 5% раствор перекиси водорода на поверхность настенных росписей.

6. После очищения проводился количественный анализ глиняных слоев для проверки наличия избыточных элементов в глиняном слое.

7. После очищения была изменена относительная влажность и температура в пещере, чтобы достичь баланса с окружающей средой за пределами пещеры. 1-1.5% ПВА был распылен по поверхности для ее укрепления

8. После очищения проводилась фотофиксация и запись состояния сохранности.

В 2016 году был выдан патент на "Материал и способ удаления закопченных от дыма древних настенных росписей с поверхности красочного слоя". Материал содержит следующие массовые доли компонентов сырья: 3.0 - 7.0% додецилполиоксиэтиленовый эфир(Dodecyl polyoxyethylene ether), 15.0-20.0%додецилбензолсульфонат натрия(sodium dodecyl benzene sulfonate), 12.0-18.0%динатриевая этилендиаминтетрауксусная кислота(EDTA-2NA), 0.5 - 2.5%щелочная протеаза (alkaline protease), 3 - 8% глицерин, 0.3 - 1.0% гидроксипропилметилцеллюлоза (ГПМЦ), остальное воды.

Расчистка включает следующие шаги:

1. удаление пыли и песка с поверхности настенных росписей и трещин.

2. Использовали смесь модифицированной акриловой кислоты и модифицированной силиконом акриловой кислоты или желатина (1:1), для укрепления шелушений красочного слоя настенной росписи.

3. Поверхность покрывали раствором для расчистки от копоти, потом с помощью воды удаляли остатки раствора с поверхности.

4. после высыхания, 1.0 - 3.0% раствор желатина был использован для укрепления красочного слоя. [34]

Выводы по главе.

В этой главе в основном проводится подробное исследование настенных росписей, поврежденных солью. Растворимыми солями, которые вызывают повреждения росписи пещер Могао, являются Na_2SO_4 и NaCl . Солевое повреждение в основном имеет два фактора: первый-это воды, второй-растворимая соль.

Подробное описание процесса реставрации настенных росписей с повреждением гротов Могао в Дуньхуане, а также исследование использованных материалов.

Глава 4 Обессоливающий компресс для удаления солей из структуры живописи.

Удаление солей из структуры штукатурного слоя в интерьере Архиерейского Подворья храма Благовещения Пресвятой Богородицы с использованием методик, разработанных институтом Гетти совместно с институтом Дуньхуана при реставрации пещерных росписей Могао.

Был выполнен фрагмент, имитирующий глиняный слой штукатурки (только грубый глиняный слой) с грунтом. За аналог выбрана штукатурка гротов Могао. Материал глиняного слоя (грубый слой глины): глина из Дуньхуана, небольшое количество песка, обычная пищевая соль, солома, материал слоя грунта: каолин, тальк, желатин.

Сначала был смешан материал, чтобы сделать глиняную штукатурку. После высыхания нанесено 2-3 слоя грунта. Соль в небольшом количестве добавлялась в штукатурную смесь, затем, немного на поверхность глиняного слоя. В слое глины имитировали процесс солеобразования настенных росписей, проводили сухой и влажный цикл. Процесс с первого по седьмой — цикл-это смачивание слоя глины (растворение соли), с последующим высыханием (кристаллизация соли) .



Рис. 78 Процесс с первого по седьмой цикл.

Цикл 2: поверхность покрыта частицами соли, в левом нижнем углу образца выход солей на поверхность. Цикл 5: выход солей на поверхность с повреждением штукатурного слоя (в штукатурном слое образовались трещины, шелушение грунта). Цикл 7: значительное солеобразование на поверхности с деструкцией штукатурного слоя вместе с грунтом, шелушение грунта.

Был сделан аналогичный обессоливающий компресс. Собраны все необходимые материалы: абсорбирующие нетканые материалы, гидрогель (материал с высокой абсорбирующей способностью), губка, японская бумага, глина из Дуньхуана.

В порядке снаружи внутрь показана структура обессоливающего компресса. Для защитного слоя использована японская бумага - слой, обращенный к росписи, который защищает поверхность росписи; слои обессоливающего материала - два слоя нетканого материала, в которых середина обессоливающие материалы (гидрогель), слой нетканого материала, пропитанный гидрогелем; слой нетканого

материала с глиной; буферный слой - губка толщиной 2 см, ее роль заключается в защите росписи, в предотвращении повреждения поверхности настенной росписи под действием внешней силы; деревянная плита с отверстиями.



Рис. 79 Структура обессоливающего компресса.

Был проведен эксперимент по использованию обессоливающего компресса на данном образце, а также укрепление штукатурного слоя с грунтом. Процесс обессоливания состоит из нескольких этапов.

Общее укрепление поверхности с помощью шприца вводят 0.5% раствор желатина, 1-2 раза. После того как клей впитается, покрывают пленкой, используется металлический шпатель, чтобы приклеить слой грунта к глиняной штукатурке и уложить красочный слой.

После того как клей впитается, поверхность накрывают пленкой и с помощью металлического шпателя укладывают отставания грунта



Рис. 80 После укрепления



Рис. 81 процесс обессоливания



Рис. 82 после обессоливания

Далее использовался обессоливающий компресс.

Каждый день менялось содержимое компресса до полного высыхания поверхности. Для сравнения компресс устанавливался только на половине образца.

В результате часть соли была удалена, но в структуре все еще остались соли, которые после высыхания поверхности вновь выступили. Было принято решение повторного использования компресса.



Рис. 83 До повторного использования компресса.



Рис. 84 В процессе удаления солей



Рис. 85 После удаления солей

После процессов обессоливания на поверхности образовалось незначительно количество высолов, которое необходимо было удалить. На поверхность образца была установлена японская бумага, увлажненная дистиллированной водой. Чтобы бумага полностью прилегала к поверхности фрагмента, ее прижимают мягкой губкой. После высыхания бумаги, ее удаляют с поверхности. Результаты эксперимента с обессоливающим компрессом показывают хороший эффект обессоливания



Рис. 86 Прямое освещение. После процесса обессоливания



Рис. 87 Боковое освещение. После процесса обессоливания.

Данный компресс был использован в интерьере верхнего храма Архиерейского Подворья храма Благовещения Пресвятой Богородицы, на фрагменте стены с сильными солеобразованиями (Рис. 88).



Рис. 88

Значительное солеобразование на поверхности стены, деструкция слоя побелки.



Рис. 89 Прямое освещение. Фрагмент с выходом солей на поверхность.



Рис. 90 Боковое освещение. Фрагмент с выходом солей на поверхность.

На небольшой участок с солеобразованием с помощью мягкой кисти, увлажненной водой устанавливался лист микалентной бумаги (Рис. 91). Далее, проводился процесс удаления солей из структуры стены с помощью ватного

тампона, увлажненного водой. (“Водная вытяжка”).



Рис. 91



Рис. 92 В процессе обессоливания

После завершения процесса, микалентная бумага удалялась с поверхности, и, затем на данный фрагмент устанавливался обессоливающий компресс. Каждый день менялось содержимое компресса. Результат обессоливания положительный.



Рис. 93 Прямое освещение. Фрагмент после удаления соли.



Рис. 94 Боковое освещение. Фрагмент после удаления соли.

Выводы по главе

В данной главе описано удаление солей из структуры росписи с помощью обессоливающего компресса в интерьере Архиерейского подворья Храма Благовещения Пресвятой Богородицы в Санкт-Петербурге. Результат обессоливания положительный.

Заключение

Комплекс пещер Магао в Дуньхуане являются крупнейшими существующим буддийским памятником в Китае и мире. Он предоставляет ценные материалы для изучения древней китайской политики, экономики, культуры, религии и т.д. Пещеры Магао были основаны в 366 году н. э. (в период правления династии шестнадцати варварских государств). Создание новых пещер продолжались тысячу лет, до династии Юань (1271 - 1368). С тех пор как морской Шелковый путь стал основным каналом, постепенно забыли о пещерах Магао. Пока в 1900 года Ван Юаньлук обнаружил “Цанцзиндун” (пещера номер 17). Пещеры Магао опять привлекли внимание. Требовалось комплексное исследование состояния настенных росписей.

Поскольку причинами разрушений настенных росписей могут служить многогранные факторы, необходимо полностью собрать информацию, чтобы вынести правильное суждение и найти способ реставрации. Эти данные могут послужить информативной основой для детального исследования настенных росписей и анализа материалов.

Внутренние причины повреждения настенных росписей - это повреждения материалов и структурных характеристик росписи; внешняя причина - это влияние окружающей среды на росписи. Поэтому увеличение исследований окружающей среды, в которой находятся росписи, и создание разумной эффективной системы экологического мониторинга имеют важное значение для консервации.

Настенные росписи гротов Могао состоят из основы, поверх которой нанесены 2-3 слоя глиняной штукатурки, и слой грунта с красочным слоем. Исследования показали, что основным материалом является глина "Чэнбан" содержащая небольшое количество песка, хлопка, пакли, соломы и других волокон.

Пигменты настенных росписей Дуньхуана в основном являются неорганическими минеральными пигментами, и большинство из них являются природными минеральными пигментами, такими как киноварь и редоксайд в красных пигментах, лазурит и азурит в синих пигментах, атакамит и малахит в зеленых пигментах, каолин, кальцит и гипс в белых пигментах, магнетит в черных пигментах. Также содержится небольшое количество органических пигментов на растительной основе, таких как красный пигмент сафлор красильный, желтый пигмент гарциния и т. д.

При изготовлении и использовании пигментов была добавлена определенная доля клеев. Самый распространенный вид клея - мездровый клей, кроме этого, использовался растительный клей - персиковая камедь и трагакант.

Согласно характеристикам и проявлениям разрушений настенных росписей, их повреждения подразделяются на шелушение красочного слоя, выход солей из глиняной штукатурки, отставания глиняной основы от скалы, утраты глиняной штукатурки, а также покрытие поверхности копотью от дыма, выцветание, что приводило к изменению цвета пигмента.

После 1949 года были проведены некоторые простые реставрационные работы, такие как бортовое укрепление росписи, реставрация рухнувшей скульптуры.

Официальное начало реставрационных работ начинается с 1957 года, когда в пещерах Могао произошли серьезные разрушения. Были установлены приоритеты.

В первую очередь провести противоаварийные работы: остановить обрушение настенных росписей, провести реставрацию обрушившихся фрагментов росписи.

Укрепить отставания штукатурной основы, шелушения красочного слоя

В то время использовалась смесь глиняного раствора для укрепления обрушившихся краев настенных росписей, использовались анкера, которые закрепляли росписи, использовался клей (ПВА, ПВС и их смесь) для укрепления настенных росписей и штукатурки.

Реставраторы использовали эти методы в большом количестве настенных росписей, на тот момент они давали лучший эффект. Но повреждения солями на настенной росписи являются тяжелой проблемой. Раньше использовали методы укрепления росписей, которые привели к более серьезным повреждениям росписей, создавая порочный круг.

Теперь существует полный набор методов и процессов реставрации настенных росписей. Его можно резюмировать следующим образом: технология реставрации шелушений настенных росписей, технологии реставрации глиняных слоев (штукатурки) настенных росписей, технологии реставрации настенных росписей, поврежденных солью.

Поскольку одна настенная роспись может содержать различные типы повреждений, в процессе реставрации росписи могут использоваться не одна методика, а несколько.

Апробационные работы по обессоливанию росписи в интерьере Архиерейского

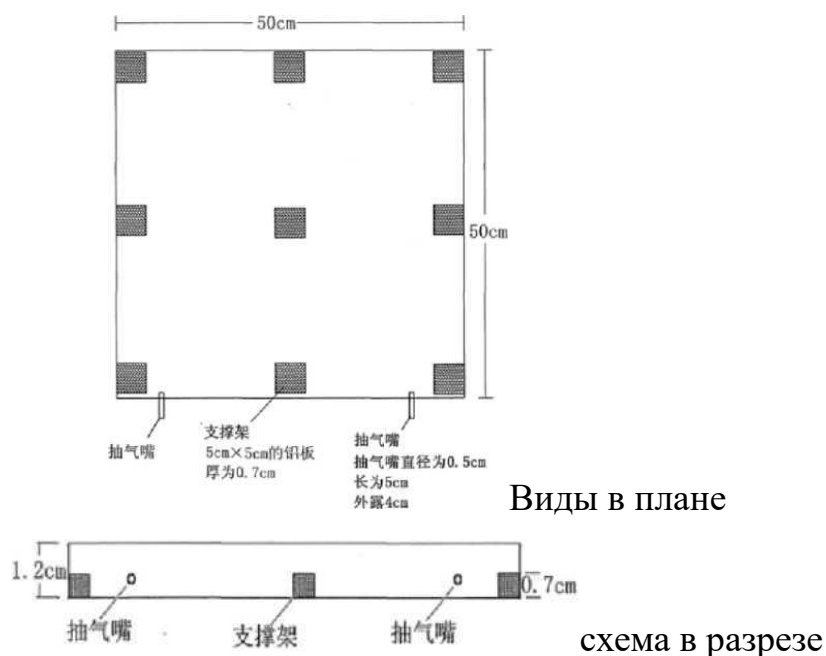
Подворья храма Благовещения Пресвятой Богородицы в Санкт-Петербурге дали хорошие результаты и надежду на использование этой методики на реставрируемых объектах в России.

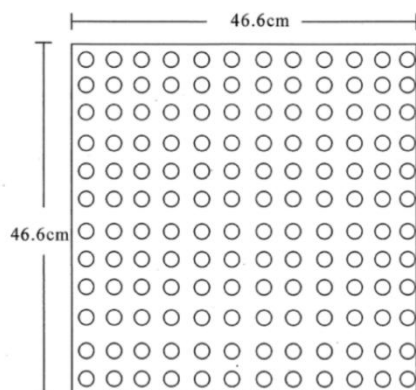
Приложения

1. Вакуумный ящик для обессоливания настенных росписей

На рисунке показан ящик для обессоливания настенных росписей

Изготовлен в форме квадратной коробки из алюминиевой пластины толщиной 0,3 см, размер 50 см * 50 см, высота коробки 1,2 см. Поместите девять алюминиевых опорных рам размером 5 см * 5 см и толщиной 0,7 см в коробку (рис.1, Рис.2). На алюминиевые опорные рамы поместите алюминиевую плиту с отверстиями, диаметром отверстия 0,5 см. Расстояние между отверстиями составляет 0,5 см, (рис .3). С одной стороны алюминиевой коробки установлены две алюминиевые круглые трубы диаметром 0,5 см, которые используются для выкачивания воздуха вакуумным насосом отрицательного давления.[25]





隔板厚0.3cm, 孔直径0.5cm, 孔间距0.5cm

Алюминиевая плита с отверстиями

2. Ультразвуковой распылитель водяного пара

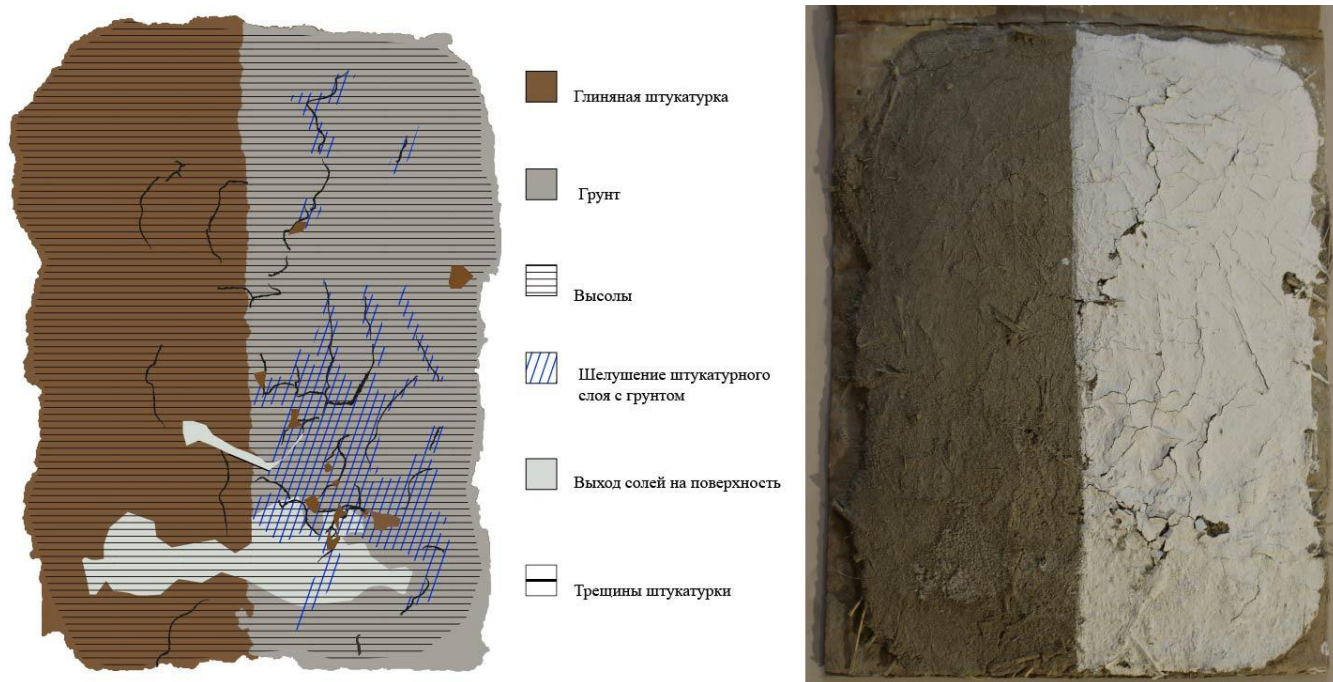
На рисунке показан ультразвуковой распылитель водяного пара, используемый для обессоливания при реставрации росписей, поврежденных солью. Диапазон регулирования температуры водяного пара на выходе: 0 °C 200 °C; Диапазон выхода водяного пара: 0 мл / ч 260 мл / ч; уровень точности: $\pm 0.5\%$ FS; цикл отбора проб и контроля аппаратуры выходной: ≤ 0.5 S; RTD термального сопротивления сопла: Pt100 (-199°C ~ 800°C).



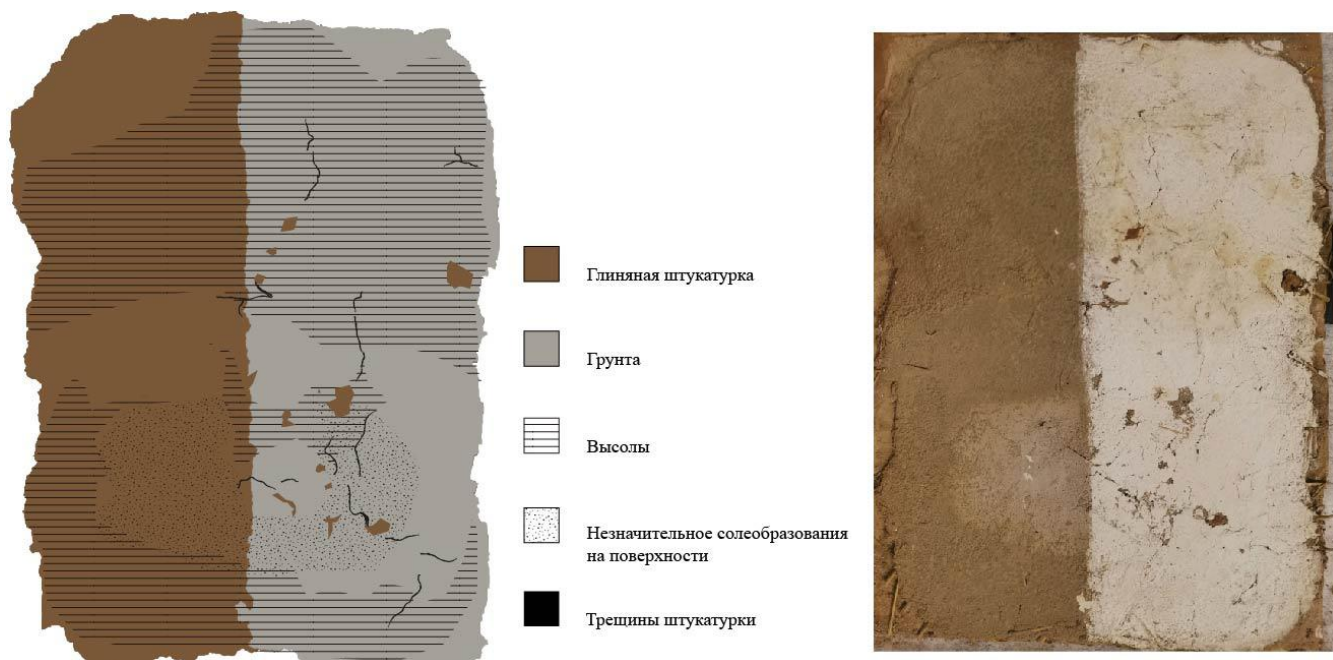
Ультразвуковой распылитель водяного пара для обессоливания

3. Картограмма

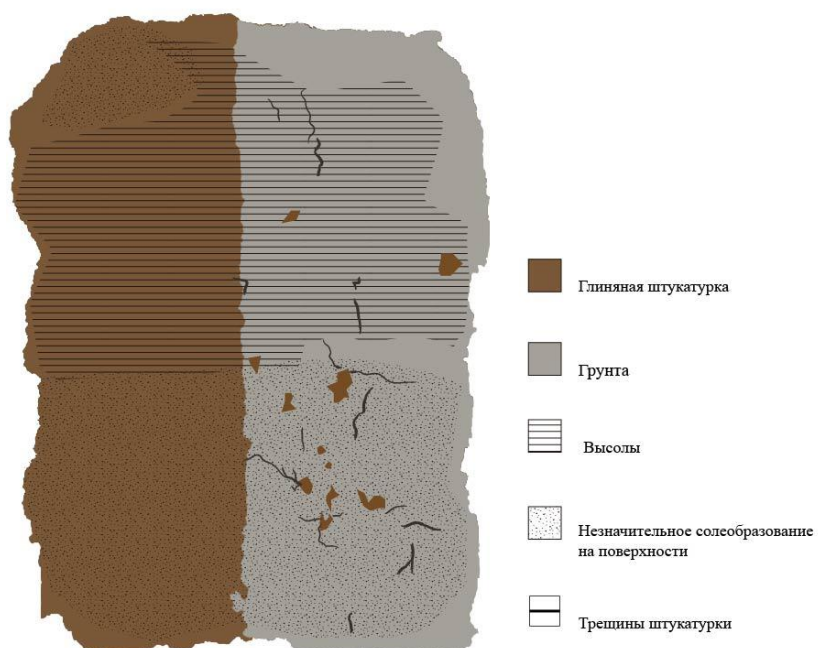
Картограмма 1. Процесс с первого по седьмой цикла



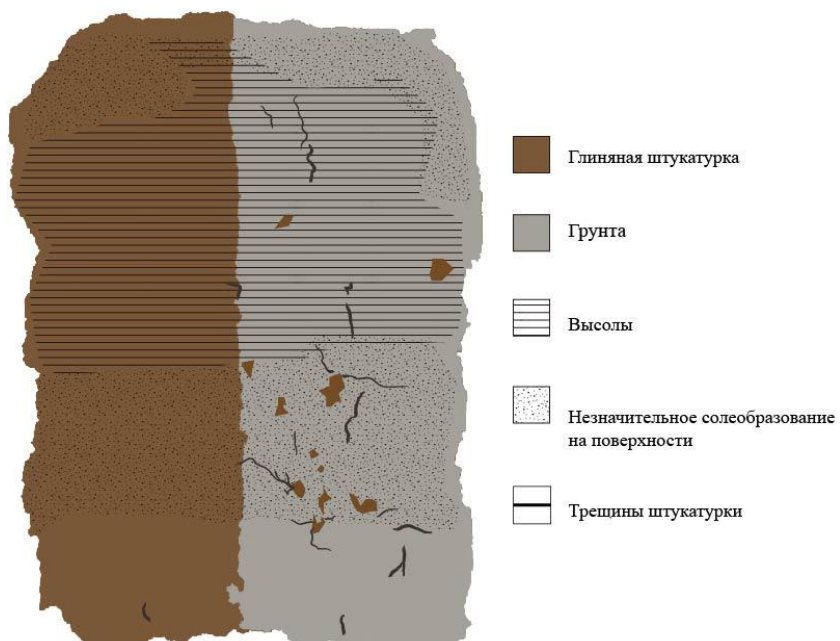
Картограмма 2. Результат первого использования компресса.



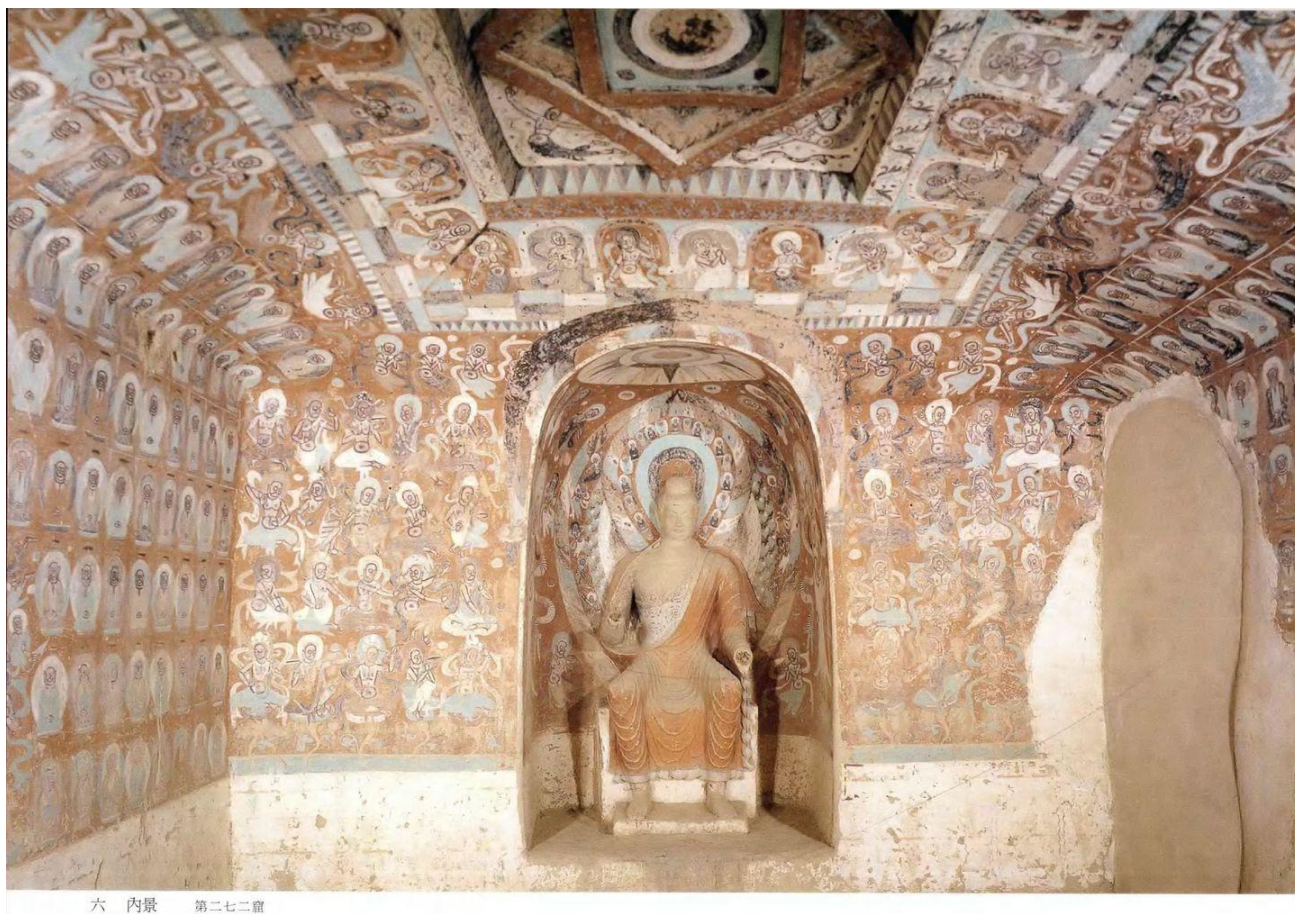
Картограмма 3. Результат повторного использования компресса.



Картограмма 4. После процесса обессоливания.



Образцы росписей в пещерах Магао.

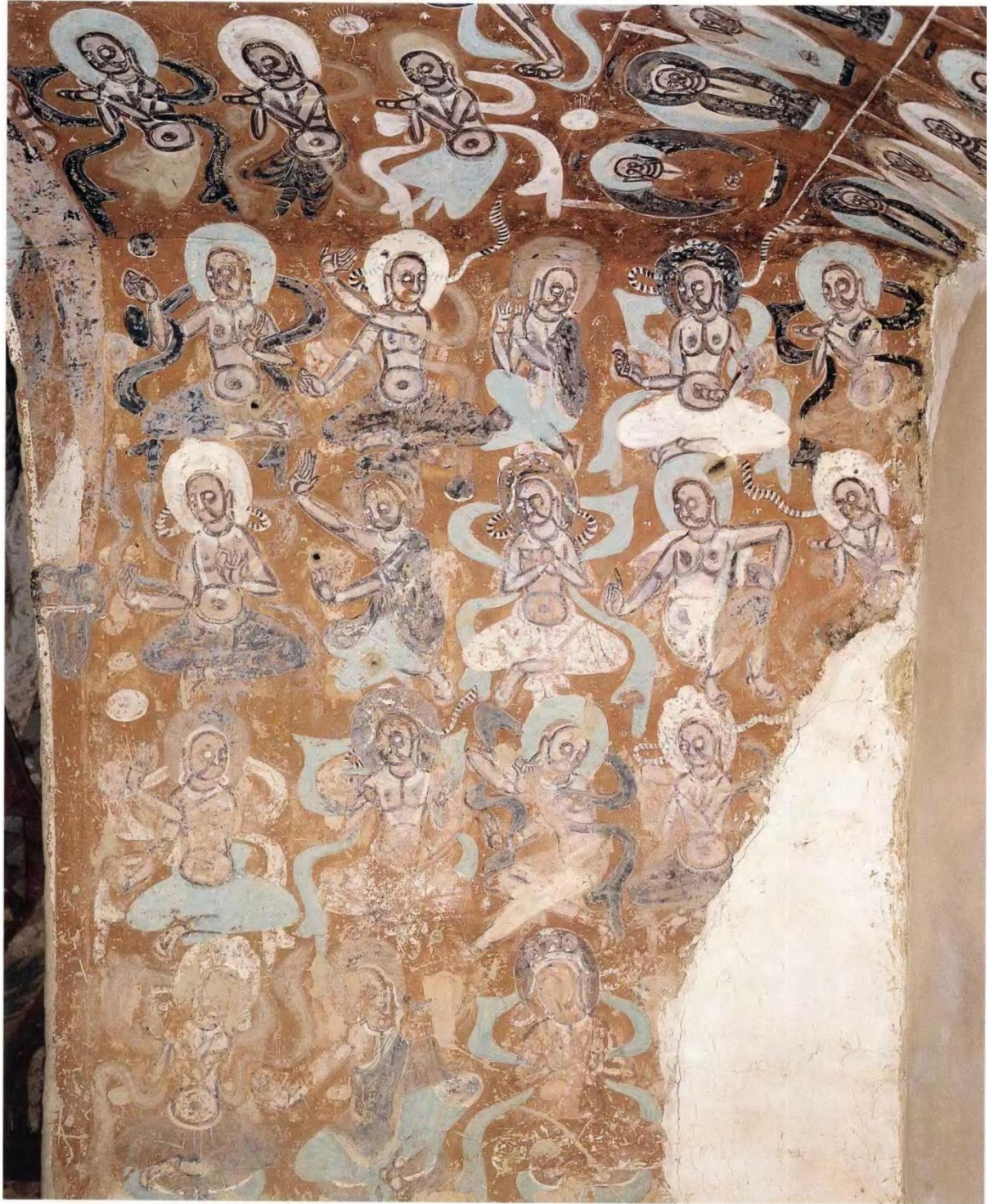


六 内景 第二七二窟

Северная Лян (397-439 гг), пещеры Могао 272.



Западная стена пещеры 272 , ниша с Буддой



一二 聽法菩薩 第二七二窟 西壁北側

Северная сторона Западной стены пещеры 272-Бодхисаттвы, которые слушают Дхарму.



一八 窟頂中央藻井 第二七二窟

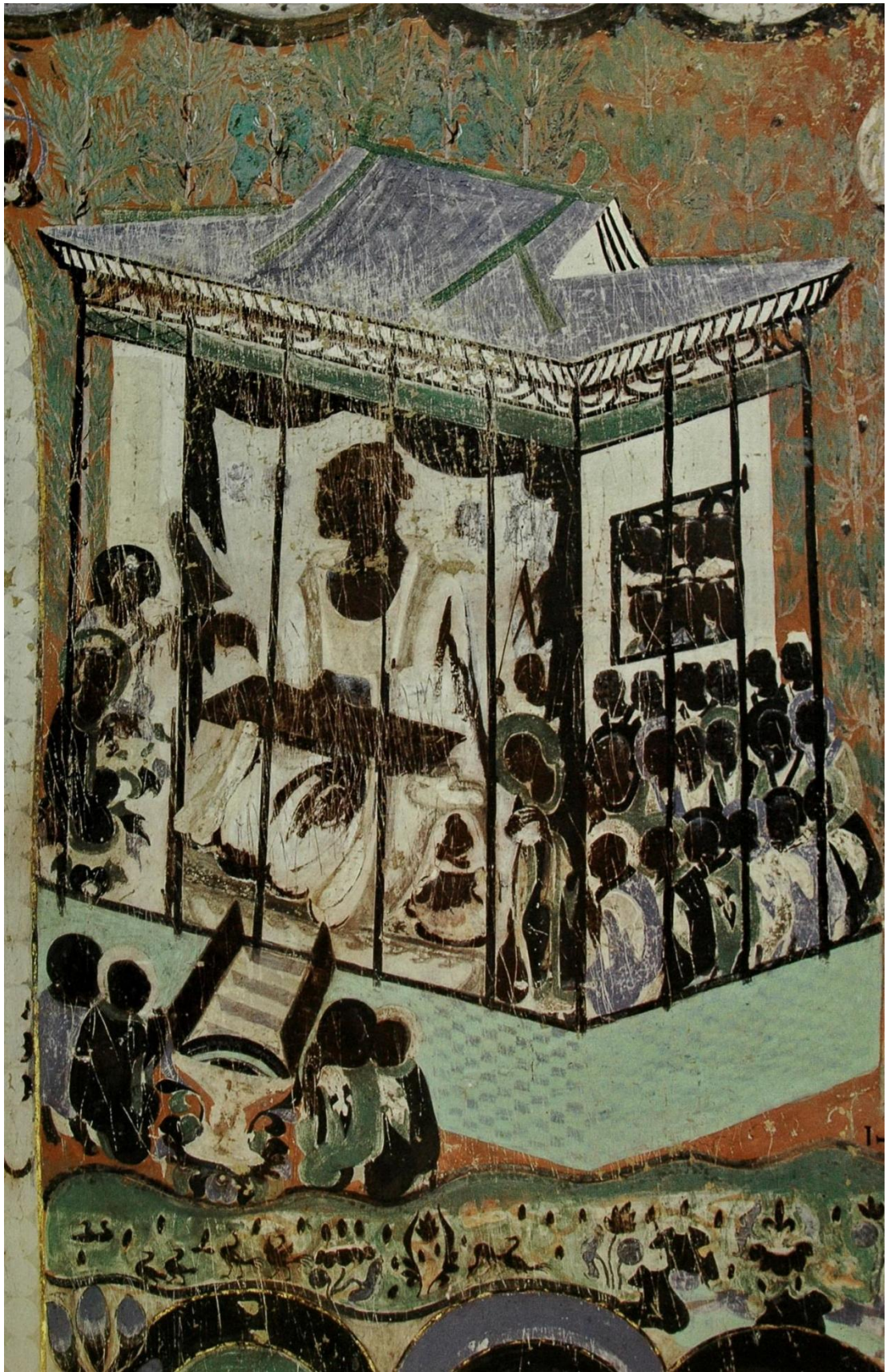
Пещера Могао 272, центральный узор потолка “дзаоцин”.



Династия Суй (581 - 618 гг.). Пещера Могао 420



Западная стена пещеры Могао 420, ниша с Буддой.



Фрагмент. Западная стена пещеры Могао 420, Вималакирти сутра.



Восточная стена пещеры Могао 420, образ тысячи Будд.



Пещера Могао 420, узор потолка



Фрагмент, потолка пещеры Могао 420, узор лев.



Династия Поздняя Тан (923-936 г.). Гроты Могао 85.



**Южная стена пещеры 85 в гротах Могао, гигантские иллюстрации сутра
(Будда Амигабха говорит сутру).**



Фрагмент. Южная стена пещеры 85, танцы под музыкой.



Фрагмент, пещера Могао 85, игра на гучине под деревом



Потолка пещеры Могао 85, декоративные узоры и дзаоцзин.



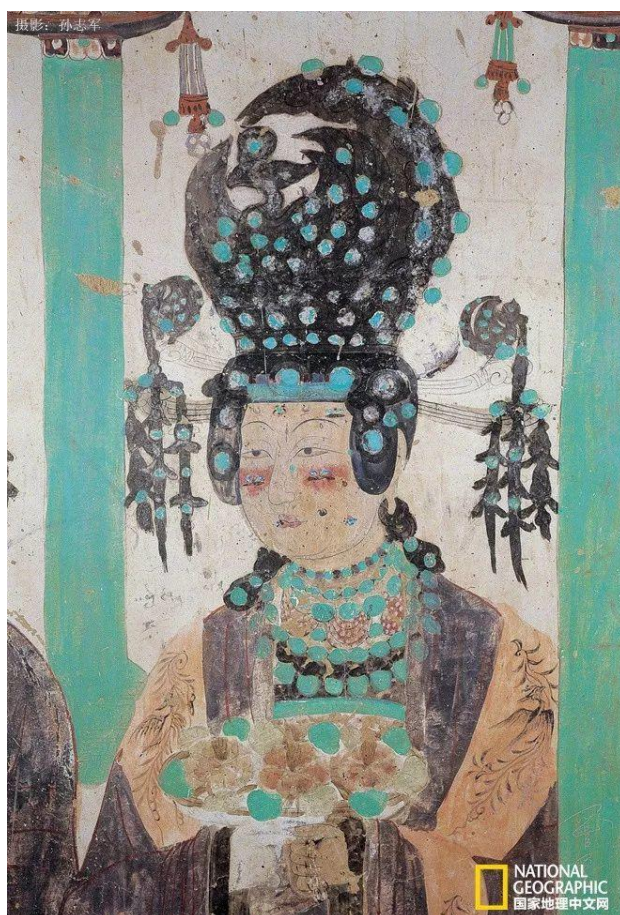
Пещера Могао 85, образы донаторов.



Эпоха Пяти династий (907-960гг.), пещера Могао 61



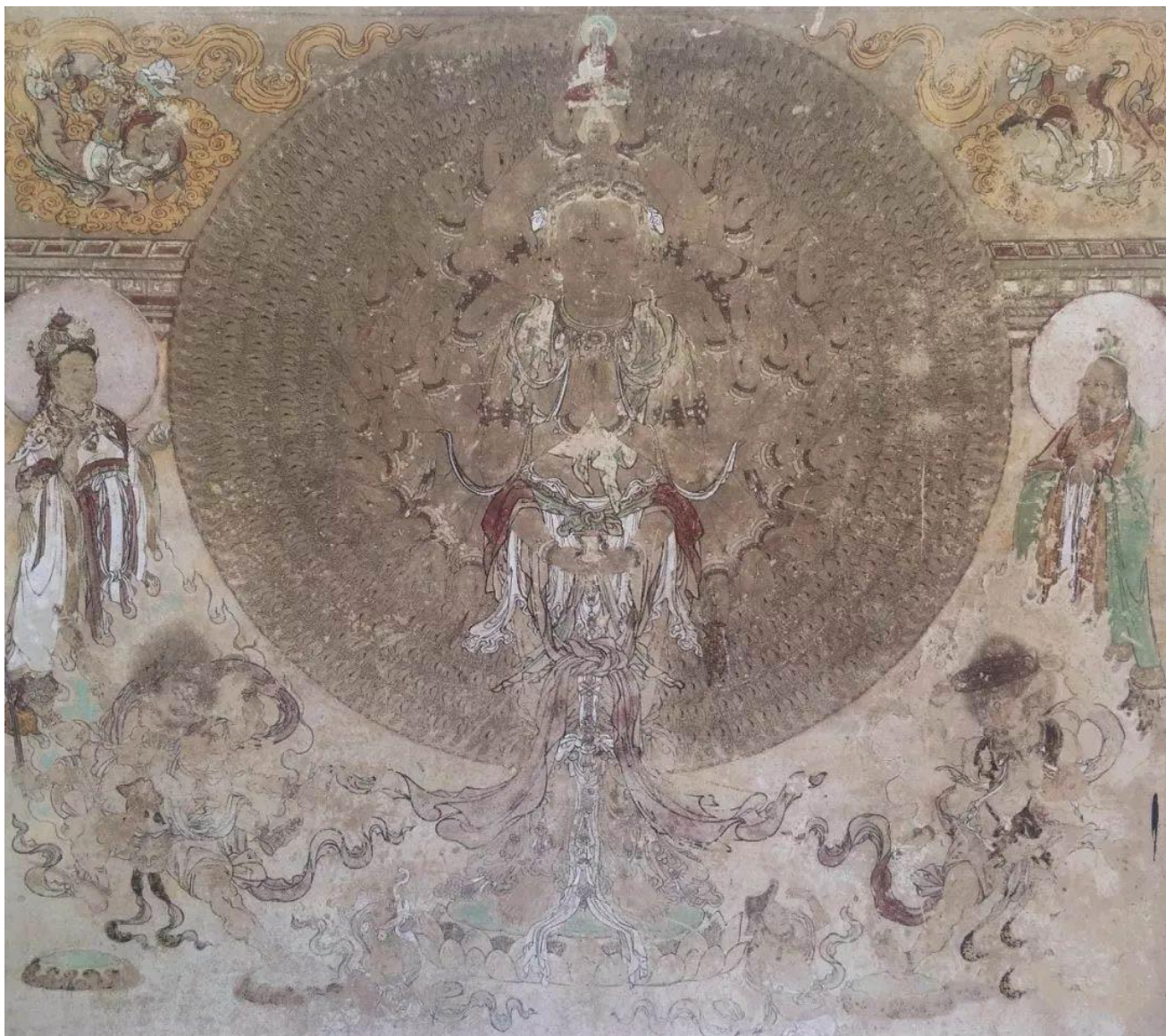
Северная стена пещеры Могао 61



Фрагмент. Северная стена пещеры Могао 61, образы донаторов.



Фрагмент. Пещера Могао 61, образы горы Утайшань.



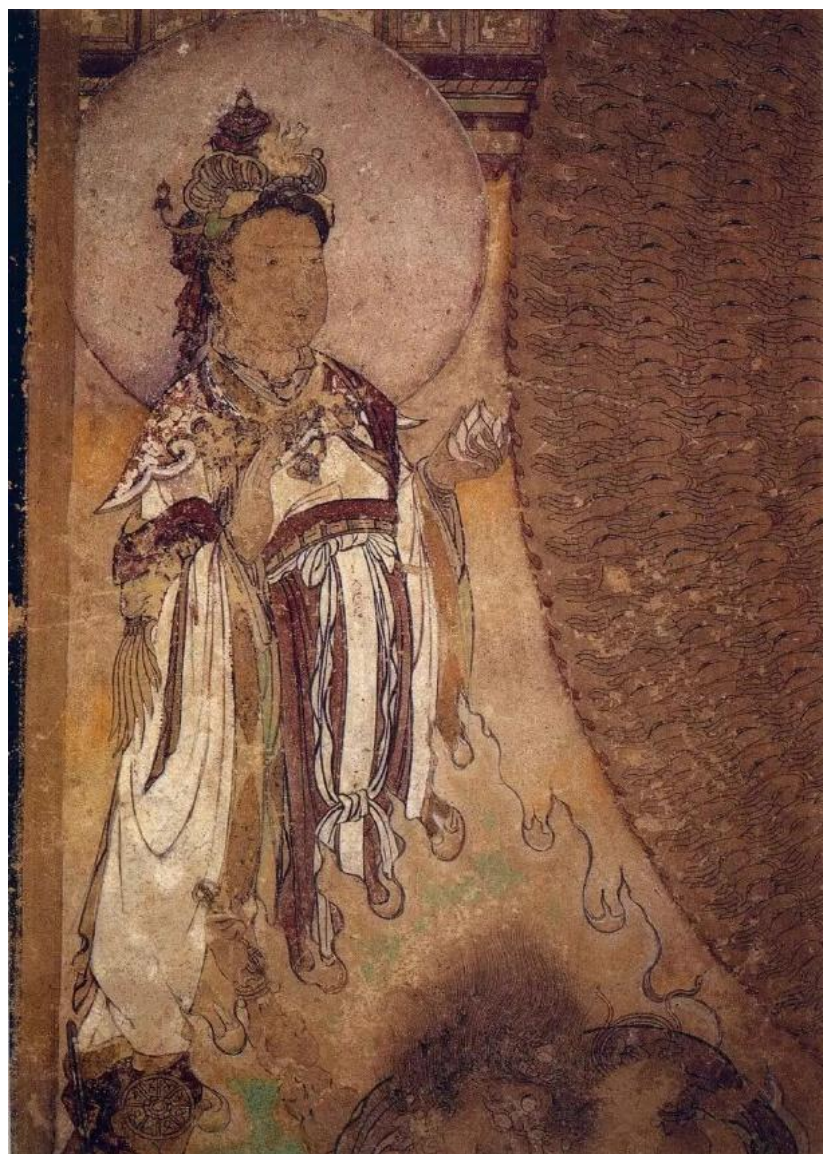
**Династия Юань (1280-1367 гг.). Северная стена пещеры Могао 3,
тысячерукая и тысячеокая бодхисаттва Гуань-инь.**



**Фрагмент. Северная стена пещеры Могао 3, тысячерукая и тысячеокая
бодхисаттва Гуань-инь.**



Фрагмент. Северная стена пещеры Могао 3.



Фрагмент. Северная стена пещеры Могао 3.

Список литературы

1. Дмитриев С. В. Пещерный комплекс Дуньхуан. История и изучение. // Восток. 2011, № 4, с.108-115 .
2. Чжао Шэнлянь Краткая история искусства гротов Дуньхуан, Китайское молодежное издательство, Пекин, 2015, с.239. (赵声良, 敦煌石窟艺术简史, 中国青年出版社, 北京, 2015.6, 239 页)
3. Тайны Дуньхуана : Росписи пещер / пер. с кит. Ван Юе и др.- СПб. : НесторИстория, 2019. - 272 с.
4. The Art of Dunhuang/ Dunhuang - Silk Road // Dunhuang Academy All rights reserved, 2014, Режим доступа: <http://public.dha.ac.cn/content.aspx?id=185436748917/>(дата обращения: 12. 2020).
5. Чэнь Пин, Ван Ихуэй. Исследование искусства настенных росписей в гротах Могао в Дуньхуане, Художественное обозрение, 2017, с. 45-46. (陈平, 王亦慧. 敦煌莫高窟壁画艺术研究. 艺术评鉴, 2017.45-46 页)
6. Го Цинлинь, Ван Сюдун, Ян Шаньлун, Ли Цзуйсюн Исследование источников воды и соли в поврежденные настенные росписи в гротах Могао, Дуньхуан, Научная пресса, Пекин, 2016, с.193. (郭青林,王旭东 ,杨善龙, 李最雄. 敦煌莫高窟壁画病害水盐来源研究, 科学出版社, 北京, 2016.4, 193 页)
7. Ли Цзуйсюн Консервация скульптуры и настенных росписей в гротах Шелкового пути[M].Science Press, Пекин, 2005, с.482. (李最雄.丝绸之路石窟壁画彩塑保护[M].科学出版社,北京:2005.482)

8. Ли Джиамин, Чжан Хуэй, Фэн Цзайсюань, Хэ Сян, Не Шимин, Сунь Минюань, Ма Иминь, Фанг Шицян, Чжан Хуабин, Чжан Бинцзянь Исследование возобновившихся повреждения(повторного появления повреждения) на росписях в пещерах Могао, Наука о наследии, 2013, - Режим доступа: <https://doi.org/10.1186/2050-7445-1-31> (дата обращения: 03.2021) (Li, J., Zhang, H., Fan, Z. et al. Investigation of the renewed diseases on murals at Mogao Grottoes. Heritage Science 2013)
9. Ван Цзинью Исследование и классификация болезней гротов Могао в Дуньхуане[J] Исследование Дуньхуана, Ланьчжоу, 2005, вып 6, с.113-117. (王进玉.敦煌莫高窟洞窟现状调查与病害分类[J].敦煌研究,2005(6): 113-117)
10. Ли Цзуйсюн 60 лет консервации гротах в Дуньхуана, Исследование Дуньхуана, Ланьчжоу, 2004, вып 3, с.10-26. (李最雄, 敦煌石窟保护工作六十年, 敦煌研究, 2004 年第 3 期, 10-26)
11. Дуань Сюйе Сунь Хунцай Доклад о восстановлении настенных росписей высолы в пещере Могао № 108, Исследование Дуньхуана, 1990, вып 3, с. 92-94. (段修业 孙洪才 莫高窟第 108 号洞穴碱化壁画修复的报告, 敦煌研究, 1990,3, 92-94)
12. Ван Сюдун, Су Бомин, Чэнь Ганцюань, Ван Ван-фу, Исследование норм консервации древних китайских настенных росписей, Science Press, Пекин, 2013, С. 259. (王旭东 苏伯民 陈港泉 汪万福 中国古代壁画保护规范研究, 科学出版社, 北京, 2013, 259)
13. Ли Ши, Цюй Цзяньцзюнь Климатические и экологические характеристики гротов Могао в Дуньхуане[A].Исследовательская антология Дуньхуана *

- Защита гротов (Часть 1) [С]. Ланьчжоу: Национальное издательство Ганьсу, 1993.с.70-74. (李实,屈建军. 敦煌莫高窟的气候环境特征[A].敦煌研究文集•石窟保护篇(上) [С].兰州:甘肃民族出版社,1993.70-74)
14. БА Цзинь , ВАН СюЦинь. Анализ климатических характеристик в Дуньхуане за последние 56 лет. Журнал засушливой метеорологии,Ланьчжоу, 2010, Вып. 3: с.304-308. (巴金 , 王秀琴. 敦煌近 56 а 气候特征分析[J]. J4, 2010, 28(3): 304-308.)
15. Wong L, Agnew N.The Conservation of Cave 85 at the Mogao Grottoes, Dunhuang : Development and implementation of a systematic methodology to conserve the wall paintings and sculpture [R].Los Angeles: The Getty Conservation Institute, 2013.]
16. Чжао Линь,Ли Яньфэй,Юй Цзунжэнь,Ли Чжисюн ,Анализ материалов и процессов созданы настенные росписи гротов Шелкового пути, 2005, вып 4 , с.75-84. (赵林毅,李燕飞,于宗仁,等.丝绸之路石窟壁画地仗制作材料及工艺分析 [J].敦煌研究,2005,(4):75-82.)
17. Ли Цзуйсюн. Исследование красок на картинах времен династии Тан в пещерах Дуньхуан Могао, Исследования Дуньхуана, 2002, вып 4, с.11-18.(李最雄 敦煌莫高窟唐代绘画颜料分析研究,敦煌研究,2002. 4 期 С 11-18)
18. Ли Ши. Предварительное понимание клей в настенном росписи Дуньхуана, Исследования Дуньхуана, 1993, вып 1, с.108-117. (李 实 对敦煌壁画中胶结材料的初步认识, 敦煌研究, 1993 年第 1 期 108-117)
19. GB / T 30237-2013 форм повреждения и иллюстрации древних настенных росписей [S], Китай Стандарты контроля качества Пресса, Пекин, 2014, с.28

20. Ли Юньхэ. Предварительное исследование по реставрации фресок в гротах Могао[J]. Исследование Дуньхуана, 1985, вып. 2, с.174-184.(李云鹤. 莫高窟壁画修复初探[J]. 敦煌研究, 1985, (2): 174-184.)
21. Ван Ванфу, Ма Цзаньфэн, Ли цзясюн Исследование технологии инъектирования для настенных росписей глиняного штукатурки отставание[J], Консервации наследия и археологическая наука, 2006, Вып 1, с.52-59. (汪万福, 马赞峰, 李最雄, 等. 空鼓病害壁画灌浆加固技术研究[J]. 文物保护与考古科学, 2006, 01: 52-59)
22. Су Бомин 1, 2 Чжан Хуабин 1, 2 Тан Сян 1, 2 Чжан Жуй История, современное положение и исследования по применению полимерных материалов для реставрации настенных росписей в гротах Могао, Исследование Дуньхуана, 2018, вып 1, с.80-84. (苏伯民 1, 2 张化冰 1, 2 谈翔 1, 2 张瑞 高分子材料应用于莫高窟壁画保护的历史、现状与研究, 敦煌研究, 2018 年第 1 期 80-84)
23. Су Бомин, Чэнь Ганцюань, Фань Цайсюань, Ма Цзяньтай, Кан Хунвэй, Ли Жун, Прикладные исследования нового синтезированного обессоленного материала по повреждению солью настенных росписей в гротах Могао, Реликвии и Музеология, 2009, вып 6, с.175-183(苏伯民, 陈港泉, 樊再轩, 马建太, 康红卫, 李茸, 新型合成脱盐材料在治理莫高窟盐害壁画中的试验研究, 《文博》 2009 年 06 期, 175-183)
24. Чэнь Ганцюань Исследование по анализу повреждений солями и реставрация настенных росписей в гротах Могао в Дуньхуане, Университет Ланьчжоу, 2016, с. 203 (陈港泉, 敦煌莫高窟壁画盐害分析及治理研究, 兰州大学博士研究生学位论文)

25. WW / T 0031-2010 Технический кодекс на обессоливание древних настенных росписей, Издательство культурных реликвий, Пекин, 2010. (中华人民共和国国家文物局 WW/T 0031—2010 古代壁画脱盐技术规范, 2010, 北京: 文物出版社)
26. Фань Цайсюань, Чэнь Ганчуэн и Су Бомин Экспериментальное исследование по консервации и реставрации настенных росписей в пещере 98 Могао[J], 2009, вып. 6, с.4-7. (樊再轩,陈港泉,苏伯民,等. 莫高窟第 98 窟酥碱壁画保护修复试验研究[J]. 敦煌研究,2009,(6):4-7+120+125.)
27. Фан Цзэсуань, Стивен Рикерби, Лиза Шекеде, Цяо Хай, Тан Вэй, Ян Цзиньцзянь, Исследование технологии реставрации настенной росписи в гротах Могао 85-я пещера, Дуньхуан, Исследование Дуньхуана, Ланьчжоу, 2008, вып 6, с.19-22. (樊再轩, Stephen Rickerby, Lisa Shekede, 乔海, 唐伟, 杨金建. 敦煌莫高窟第 85 窟壁画修复技术研究[J]. 敦煌研究, 2008, (6):19-22.)
28. Пэн Цзиньчжан Исследования гроты Дуньхуан Могао в северном районе пещер[M], Издательство образования Ганьсу, Ланьчжоу, 2011, с. 667 (彭金章, 敦煌莫高窟北区石窟研究, 甘肃教育出版社出版, 2011, 667 页)
29. Ма цзяньтай, Кан Хунвэй, Чэнь гангцюань, Су Бомин, фан цайсюань, Приготовление суперабсорбентов - привитая сополимеризация акриламида на крахмал с использованием ортогонального теста, Журнал университета Ланьчжоу (естественные науки), 2009, Вып. 3, С. 101-103. (马建泰, 康红卫, 陈港泉, 等. 正交法制备淀粉接枝丙烯酰胺高吸水树脂[J]. 兰州大学学报(自然科学版), 2009, 45(3):101-103)
30. Тан Юминь, Сунь Рудун, Обсуждение причины изменения цвета пигментов на

- росписях в пещере Могао в Дуньхуане, Исследование Дуньхуана, 1898.вып 3, с. 18-27 (论敦煌莫高窟画中颜料变色的原因,唐玉民,孙如东,敦煌研究,1898 (03),第18-27页)
31. Дуань Сюйе, Фу Пэн, Фу Юйсу, Сюй Шучин Реставрация настенных росписей высолы и отставание в пещере №16 Могао, Исследование Дуньхуана, Ланьчжоу, 2005, вып 4, с.30-34. (段修业,傅鹏,付有旭等,莫高窟第16窟酥碱悬空壁画的修复[J].敦煌研究.2005,(4):30-34)
32. Чжан Яньцзе, Ван Сюйдун, Го Цинлинь, Чжан Дэсюань, Ян Шаньлун, Чэнь Ю. Фань Цзайсюань, Предварительное применение технологии инфракрасной визуализации при обнаружении инъектировании на отставание росписях в пещере 98 Могао, Исследование Дуньхуана, 2010(6),стр. 82-87 (张艳杰 王旭东 郭青林 张得煊 杨善龙 陈雨 樊再轩 红外热像技术在莫高窟第98窟壁画空鼓灌浆检测中的初步应用)
33. Дуань Сюйе, Ли Юньэ эксперимент удаление копоти от дыма с поверхности настенных росписей в пещере 71 Могао, Исследование Дуньхуана, Ланьчжоу, 1981, вып 1, с.176-180.
34. Дуань Сюйе, Повторный анализ и удаление копоти от дыма с поверхности настенных росписей в пещере Могао, Исследование Дуньхуана, Ланьчжоу, 1985, вып 2, с.185-195