

Секция «Оздоровление окружающей среды»,
научный руководитель – Акбасова А.Д., д-р техн. наук, профессор

УДК 620.193:691

КОРРОЗИОННЫЕ ЯВЛЕНИЯ НА СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЯХ МАВЗОЛЕЯ ХОДЖИ АХМЕДА ЯСАВИ

¹Акбасова А.Д., ²Аубакиров Н.П., ²Нурсултан А.Н.

¹Международный казахско-турецкий университет им. Х.А. Ясави, Туркестан,
e-mail: khaitmetova@list.ru;

²Казахский национальный агроуниверситет, Алматы

Приведены сведения об уникальном памятнике истории, архитектуры и культуры Казахстана – мавзолее Ходжи Ахмеда Ясави (Туркестан), который в июне 2003 года включен в список Всемирного культурного наследия ЮНЕСКО. Рассмотрены и выявлены экологически опасные факторы, существующие как на территориях охраняемых зон мавзолея, так и непосредственно в его строительных конструкциях. Для каждого фактора установлены причины проявления и объекты воздействия. К основным видам разрушающих процессов отнесены химическая (углекислотная, магнизиальная, общекислотная, сульфатная и другие), физическая (колебание температуры и влажности) и биогенная коррозия с участием микроорганизмов. Проанализированы химические коррозионные процессы и реакции, лежащие в их основе, которые приводят к разрушению элементов строительных конструкций. На основе анализа антропогенных и природно-климатических, биологических факторов рассмотрены причины образования солевых отложений на различных участках стен, куполов и фундаментов мавзолея. Представлены химические составы современных бентонитовых глин и других природных строительных материалов, используемых при реставрации.

Ключевые слова: мавзолей Ходжи Ахмеда Ясави, Казахстан, коррозионные процессы, солевые отложения

CORROSION PHENOMENA ON STRUCTURES MAUSOLEUM OF KHOJA AHMED YASAWI

¹Akbasova A.D., ²Aubakirov N.P., ²Nursultan A.N.

¹International Kazakh-Turkish University named after H.A. Yasawi, Turkistan,
e-mail: khaitmetova@list.ru;

²Kazakh National Agrouniversity, Almaty

Information on the unique monument of history, architecture and culture of Kazakhstan – the mausoleum of Khoja Ahmed Yasawi (Turkistan), which in June 2003 was included in the list of the World Cultural Heritage of UNESCO, is given. Ecologically dangerous factors existing both on the territories of the protected zones of the mausoleum and directly in its building structures are considered and identified. For each factor, the causes of manifestation and objects of exposure are established. The main types of destructive processes are chemical (carbon dioxide, magnesium, common acid, sulphate and others), physical (temperature and humidity fluctuations) and biogenic corrosion involving microorganisms. The chemical corrosion processes and reactions underlying them are analyzed, which lead to the destruction of elements of building structures. Based on the analysis of anthropogenic and natural-climatic, biological factors, the reasons for the formation of salt deposits in various parts of the walls, domes and foundations of the mausoleum are considered. Presented are the chemical compositions of modern bentonite clays and other natural building materials used in the restoration.

Keywords: Khodzha Akhmed Yasavi mausoleum, Kazakhstan, corrosion processes, salt deposits

Архитектурные памятники обладают не только культурной и исторической ценностью, но важными социальными функциями: служат для развития науки, образования и культуры, способствуют формированию патриотизма, идейно-нравственного и эстетического воспитания будущего поколения [1–2].

В действующем Законе Республики Казахстан от 2 июля 1992 г. № 1488–XII «Об охране и использовании историко-культурного наследия» отмечается, «... что историко-культурное наследие как важнейшее свидетельство исторической судьбы народа, как основа и неперемненное условие его настоящего и будущего развития, как состав-

ная часть всей человеческой цивилизации требует постоянной защиты от всех опасностей». Соответственно соблюдение требований, определяемых этим законом, является нравственным долгом и обязанностью всех юридических и физических лиц.

Если сто лет назад физическое состояние древних сооружений зависело от времени (естественное старение строительного материала) и изменения природных факторов (суточные и сезонные колебания температур, атмосферные явления), то сейчас они испытывают огромную техногенную нагрузку. Преобразования исторических территорий за последние годы приняли та-

кую форму и интенсивность, что угрожают физическому состоянию архитектурных памятников. Причиной потери устойчивости памятников архитектуры являются не только природные катаклизмы и техногенные изменения окружающей среды, но недостаточное и несвоевременное внимание и непонимание важности сохранения их для нынешних и будущих поколений.

Мавзолей Ходжа Ахмеда Ясави с 2003 года включен в Список Всемирного Наследия Организацией Объединённых Наций по вопросам образования, науки и культуры (ЮНЕСКО) на основании критериев ценности, указанных в «Конвенции об охране Всемирного культурного и природного наследия». Включение мавзолея Ходжа Ахмеда Ясави в этот Список обязывает наше государство охранять и сохранить этот выдающийся памятник, являющийся достоянием всего человечества [3].

Рассматриваемые объекты находятся вблизи селитебных зон и подвержены влиянию внешних экзогенных воздействий, включая загрязненные атмосферные осадки, грунтовые воды и другие факторы. Как известно, с каждым годом в результате интенсификации производственной деятельности скорость негативных процессов, связанных с влиянием антропогенных факторов, возрастает в геометрической прогрессии, что может привести к нарушению целостности данных уникальных архитектурных памятников. Поэтому в наше время так остро встает вопрос о выявлении различных природно-климатических и техногенных видов воздействий на состояние памятников и общем постоянном мониторинге. В сохранении исторических объектов наиважнейшей задачей считается обнаружение причин негативных факторов, и они могут быть выявлены только в ходе длительного непрерывного наблюдения. В связи с этим разработка новых или усовершенствованных способов и методов продления жизнеспособности памятников истории, архитектуры и культуры является актуальной задачей.

В данной работе рассмотрены и выявлены экологически опасные факторы, существующие как на территориях охраняемых

зон мавзолеев, так и непосредственно в их строительных конструкциях. Для каждого фактора установлены причины проявления и объекты воздействия. Выявлены факторы экологической опасности, оценены возможные последствия их воздействия, меры профилактики и предложены мероприятия, которые необходимо предпринимать для уменьшения или предотвращения воздействия факторов.

При строительстве мавзолея Ясави глины были взяты из урочище Сауран, что в 35 километрах от Туркестана. Для глазурей взят песок Котырбулакского и глина Туетаского карьеров, ныне действующих. Работая с Сауранской глиной, реставраторы сумели получить кирпичи и изразцы, идентичные оригиналу, но все-таки по качеству намного уступающие историческим вариантам.

В настоящее время Туркестанская реставрационная мастерская с нашим участием осваивает древнюю технологию производства кирпича, глазури и керамики. Но до сих пор достичь в совершенстве технологию не удастся, что требует проведение фундаментальных исследований по изучению свойств как исторических, так и современных строительных материалов. Предполагается создание экспериментального сооружения (полигона) из современных материалов для исследования воздействий антропогенных факторов, совместимости строительных материалов разного периода. Пока керамические свойства материалов мавзолея по прочности в 5 раз превышают современные кирпичи.

В основе процессов производства и практического использования разнообразных вяжущих веществ лежат сложные химические процессы, которые и служили предметом наших исследований.

Химический состав современной Сауранской глины после многократного промывания в значительной мере характеризует ее пригодность для производства строительных реставрационных изделий. В таблице представлен химический состав кирпича со следующими основными оксидами. Кроме того, проведен анализ цвета, фактуры, физико-механических показателей кирпича.

Результаты химического анализа кирпича

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	TiO ₂	P ₂ O ₅	K ₂ O	Na ₂ O	S	П.п.п.
54,3	16,5	5,1	8,16	2,4	0,96	0,15	1,20	0,79	0,36	1,3

Каждый оксид вносит определенный вклад в свойство строительных изделий. Оксиды щелочноземельных металлов кальция и магния способствует спеканию керамических масс. Содержание оксидов калия и натрия не превышает 1,2%, они снижают влагопоглощение кирпича. В связи с тем, что Сауранская глина была использована для получения строительных материалов нами было изучено ее технологические свойства. Эти свойства обуславливаются процессами, происходящими в материале при затворении строительных изделий водой, формовании, сушке, обжиге.

Длительный срок выдерживания эксплуатации мавзолеев объясняется именно свойствами бентонитовых глин, входящих в состав строительных изделий. Они выдерживают неограниченное количество циклов гидратации – дегидратации и легко переносит смену сезонов года. Кроме того, материалы содержащие данную глину самостоятельно легко восстанавливаются при получении повреждения.

Для изготовления формовочных смесей нами кроме Сауранской глины использован перлит. Формовочные смеси на их основе отличаются высокой прочностью, оптимальной газопроницаемостью и легко формировались.

Для изготовления гипсовых вяжущих веществ реставраторами был использован природный ангидрит, т.е. горная порода осадочного происхождения, состоящая из безводного сульфата кальция CaSO_4 . Под действием грунтовых вод и атмосферных осадков ангидрит гидратируется и частично переходит в двухводный гипс $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Соответственно применение ангидрита уменьшило водостойкость и морозоустойчивость материалов.

На основе наших экспериментальных данных установлено, что растворимость ангидрита зависит от наличия солей не вступающих с ним в химическую реакцию. Например, присутствие хлоридов (NaCl , KCl) и сульфатов (Na_2SO_4 , $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$) увеличивают растворимость ангидрита. Гидроксиды аммония, кальция и др. металлов наоборот снижали растворимость.

Увеличение растворимости ангидрита в присутствии хлоридов или сульфатов объяснимы ускорением процесса гидратации по следующей реакции

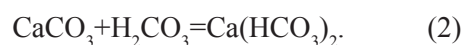


Как показали результаты исследований, прочность вяжущего материала во влажной

среде снижается. Для сохранения прочности нами добавлен обожженный доломит Каратауского месторождения (3–8%).

Во всех строительных материалах содержится CaCO_3 , в связи с этим они вступают легко в химические реакции с веществами, находящегося в окружающей среде, и это сопровождается с образованием легко растворимых продуктов. К этим процессам относятся углекислотная, магниальная, общекислотная и щелочно-силикатная коррозия [4].

Углекислотная коррозия. Диоксид углерода содержится в атмосферных осадках. Значительное его содержание приводит к растворению карбоната кальция:

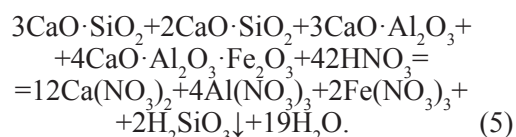


Магниальная коррозия. Этот вид коррозии вызван с содержанием солей Mg в грунтовой воде:



Образующийся гидроксид магния малорастворим и выпадает в осадок в виде рыхлой массы, проницаемой для воды.

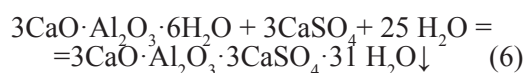
Общекислотная коррозия – разрушение под действием органических и неорганических кислот. При действии неорганических кислот образуются соли кальция, алюминия и железа. Общее уравнение обменной реакции взаимодействия минералов, содержащихся в строительных изделиях можно представить следующей реакцией:



Образующиеся растворимые соли легко вымываются водой. Нерастворимые в воде продукты коррозии сохраняются в виде рыхлых масс. В результате камень или кирпич с течением времени полностью разрушается. Из органических кислот очень агрессивно влияют молочная и др. кислоты, которые образуются при разложении птичьих пометов.

Щелочно-кислотная коррозия. Образующаяся при общекислотной коррозии рыхлая масса диоксида кремния реагирует с Na_2O и K_2O , входящими в состав строительных материалов. При этом образуются растворимые силикаты натрия и калия. Это приводит к снижению прочности кирпича, камня и других материалов.

Сульфатная коррозия. Как показали результаты исследований колодезные воды (грунтовые воды) содержат сульфаты. Насыщение сульфатом кальция за счет капиллярного поднятия грунтовых вод и проникновения их в строительные материалы, а также наличие сульфата в самих строительных изделиях вызывает данный вид коррозии. Сульфат кальция может взаимодействовать с гидроалюминатом кальция с получением тригидросульфалюмината по следующей реакции:



При образовании гидросульфалюмината кальция наблюдается увеличение объема кристаллов за счет кристаллизации с 31 молекулами воды. Соответственно, рост кристаллов тригидросульфалюмината кальция вызывает разрушение кирпича, камня и других строительных изделий.

К основным факторам разрушающим строительные конструкции также можно

отнести биогенное разрушение в результате развития микроорганизмов, а также физические связанные с температурно-влажностными колебаниями среды: попеременное высыхание и увлажнение, замерзание и оттаивание. При физической коррозии происходит деформация строительного материала и его разрушение.

Вышерассмотренные виды коррозии в совокупности приводят к соленакоплению на различных участках стен и фундаментов мавзолея, что и является основным разрушающим агентом строительных конструкций.

Список литературы

1. Михайловский Е. Общественное значение памятников архитектуры // Теория и практика реставрационных работ: Сборник № 3. НИИТИиПСА. – М., 1972.
2. Кравченко Ирина Геннадьевна. Памятник как социальный феномен: дис. ... канд. философ. наук. – Волгоград, 2008. – 137 с.
3. Клаус Л. Мавзолей Ходжи Ахмеда Яссауи // Казахстанский научно-популярный журнал OYLA. Культура, 14 мая 2017 г.
4. СНиП РК 2.01–19–2004. Защита строительных конструкций от коррозии.