

Х. А. Мохамед

## Процесс выветривания камня в контексте историко-культурной ценности архитектуры

Управление риском для культурного наследия является чрезвычайно разнообразной и сложной задачей, лежащей в контексте бытования различных феноменов истории, искусства и культуры. В историко-культурном багаже человечества присутствует множество типов памятников, изготовленных из разных материалов, возраст которых исчисляется веками и которые имеют совершенно разные степени сохранности. Загрязнение воздуха является лишь одним из факторов, угрожающих этому наследию, и зачастую может быть не самой насущной проблемой. Кроме того, существует еще одно осложнение, заключающееся в том, что выветривание происходит естественным путем, и часто считается, что оно способствует ощущению возраста и особой исторической ауры, что является фундаментальным обстоятельством для наших оценок древних или старинных памятников архитектуры. Однако нанесенный ущерб от выветривания является реальным, измеримым и во многих случаях очевидным. Промышленное развитие и технический прогресс оставили нам в наследство безликие статуи и почерневшие здания. Первоначально это рассматривалось как относительно локальная проблема (ущерб был вызван выбросами местных предприятий), но более широкий масштаб проблемы был признан после исследований кислотных дождей в 1970-х гг. Статья посвящена соотношению технико-технологического аспекта в деле реставрации каменных построек, пострадавших от выветривания, и культурологического подхода при оценке их аутентичности.

Ключевые слова: методология консервации, теория консервации, культурное наследие, культурная и историческая ценность архитектурных сооружений, разрушение, выветривание, реставрационная наука, эксплуатация и консервация

Hassane A. Mohamed

## Weathering and its role in changing the philosophical, historical and cultural value of stone architecture

Managing risk for our heritage is an extremely diverse and challenging task, reflecting the vast diversity of history, style, art and culture. We have many different types of monuments made of different materials, the age of which is estimated at centuries, and which are in completely different conditions. Air pollution is just one of the risks that threaten this legacy, and often may not be the most pressing. In addition, there is another complication that weathering occurs naturally, and it is often believed to contribute to a sense of age and serenity, which is fundamental to how we value our ancient buildings. However, the damage caused is real, measurable and in many cases obvious. Historically, industrial development has left a legacy of faceless statues and blackened buildings. Initially, this was a relatively local problem (the damage was caused by emissions from local sources), but the broader scope of the problem was recognized after studies of acid rain in the 1970s.

Keywords: conservation methodology, conservation theory, cultural heritage, the philosophical, cultural, and historical value of architectural buildings, damage, weathering, restoration science, maintenance and preservation

DOI 10.30725/2619-0303-2020-2-63-68

Сохранение историко-культурного наследия – специфическая область знания, носящая междисциплинарный характер и обладающая определенной идейной направленностью. Научная база сохранения культурного наследия связана с такими дисциплинами, как история, археология, история архитектуры и искусствоведение. Этой проблемой занимается довольно узкий круг ученых, по роду своей деятельности связанных с работой общественных и государственных организаций по охране памятников. Охрана культурного наследия – важнейшее явление социального плана. Она не мыслима без научных изысканий, подвижнической деятельности музейных работников, государства. В изучении охраны культурного наследия отчетливо прослеживаются два

направления: историческое и теоретико-методологическое [1].

Культурное наследие – это социальный и экономический, духовный и культурный капитал огромной ценности. Наравне с богатствами природы это, несомненно, одно из главных оснований для национального самоуважения и признания со стороны мирового сообщества [2; 3].

Памятники из камня образуют культурные центры многих городских районов мира. Часто эти области также подвержены высоким уровням загрязнения атмосферы, которые способствуют разнообразным процессам распада камня. Из-за агрессивного воздействия среды разрушение камня признано серьезной и чрезвычайно угрозой для большей части нашего культурного на-

следия. Для того чтобы эта угроза была успешно устранена, важно, чтобы симптомы распада были четко распознаны, надлежащие свойства камня точно охарактеризованы, а процессы разрушения не менее точно определены. Ибо несомненно, что успешное сохранение должно подкрепляться всесторонним пониманием причин разрушения и факторов, которые им сопутствуют. Параллельно с необходимостью понимания процессов разрушения камня важно осознание спецификации нового камня, которым заменяют уже поврежденный. Стоит учитывать характеристики нового материала, связанные с его функционированием в кладке здания, как в соответствии с прогнозами испытаний на прочность, так и с точки зрения художественной эффективности и исторической достоверности при использовании нового камня. Для достижения этих требований необходим междисциплинарный подход, основанный на сотрудничестве геологов, ученых-экологов, химиков, ученых-материаловедов, инженеров-строителей, реставраторов и архитекторов [4].

Под ущербом, нанесенным камню, понимается любое изменение химических свойств материала или физико-механических свойств, помогающих материалу сопротивляться ударным или иным нагрузкам в конструкции здания. Утрата этих свойств приводит, кроме всего прочего, к элиминации культурной и исторической ценности постройки, особенно с позиции ее эстетического восприятия зрителем [5; 6; 7].

Факторы, которые наносят ущерб строительным материалам, используемым при строительстве исторических зданий (в том числе, находящихся в археологическом состоянии), приводят к проблемам, ведущим к все более возрастающим со временем процессам деградации материала, что может не просто помешать эстетическому восприятию объекта наследия, но и способствовать его полной утрате [8; 9].

Историю можно рассматривать как своего рода память народов, в том числе и как совокупность хроник и документов, относящихся к разным историческим событиям, сумму свидетельств о разнообразных народах и их деяниях. Существует много различных форм записи и документирования исторических событий, которые развивались в процессе становления человечества, таких как письмо, фотография, документальный фильм, цифровая и электронная запись и другие [10].

Но что значит наблюдать и фиксировать исторические события? Виктор Гюго в своем знаменитом романе «Собор Парижской Богоматери», говорит, что архитектура была свидетелем исторических событий до появления письменности. Например, римские руины свидетельствуют о прибытии римлян и распространении их цивилизации

на территории многих регионов, о расширении Римской империи в трех частях Света. Это также верно для замков и крепостей. Фортификации сосредоточены в определенной области, которая является локацией конфликтов, войн и сражений. Если в этой локации осуществить комплексный химический анализ разнообразных материалов (строительных, или для изготовления оружия и инструментов, одежды и утвари), найденных при археологических раскопках, то можно выяснить, используя определенные методы, картину прошлого, в том числе и на уровне повседневной жизни. Для этого необходимо сохранить архитектурное наследие, которое является аккумулятором указанных материалов, объединяя в себе многие проявления истории и культуры повседневности [11].

Поэтому было необходимо разработать стратегии для обеспечения сохранения архитектурного наследия, как с точки зрения информированности общественности о важности этого вопроса, так и с точки зрения восстановления существующих зданий, и придать некоторым из них статус музеев и туристических объектов [3].

Стремление к сохранению исторических зданий происходит не только из-за страха перед разрушением артефактов прошлого или по причине культурных стереотипов, но из-за желания целенаправленной передачи исторической информации при трансляции культурных достижений разных цивилизаций и народов, как это происходит в языке. Поэтому многие народы оставляют свои следы новым поколениям, чтобы те могли прочесть прошлое, т. е. то, свидетелями чего эти поколения не были. В некоторых книгах, исторических текстах, посредством письма, не всегда можно объяснить те или иные феномены прошлого, образы жизни общества в его культурной повседневности. Исторические здания в Сардах могут передать то, что не смогут описать книги, поскольку последние говорят на языках, знания о которых ограничены ввиду лингвистических проблем. Кроме того, смысл слов изменчив, что привносит искажение в достоверность информации [12; 13].

Старение камня хорошо знакомо всем, кто вблизи рассматривал исторические каменные здания или скульптурные памятники. Старение в массиве кладки может начаться с нескольких камней, которые кажутся мало затронутыми многовековым воздействием погоды. Большинство камней претерпевает постепенное и эпизодическое их ухудшение [7; 14].

Такое ухудшение состояния камня может не иметь большого значения, если камень является лишь частью массивной стены. Тем не менее износ целостности материала не займет много времени, например, в случае со скульптурной резьбой на фасаде, когда разрушение материала делает оче-

видным отличие формы элемента по сравнению с первоначальным намерением скульптора. Большая часть мирового архитектурного и скульптурного наследия построена из камня и медленно, но неминуемо исчезает.

Если мы хотим что-то сделать, чтобы уменьшить или предотвратить потерю нашего наследия, мы должны сначала осуществить комплексный анализ множества камней, из которых состоят здания или их скульптурные элементы: анализ породы, состояния, химического состава, степени износа и т. п. Мы должны уметь описать (пользуясь методом наблюдения) разрушение материала и измерить его степень, серьезность угрозы полной утраты и оценить возможность восстановления. Затем нам необходимо понять причины и механизмы разрушения. Только тогда можно надеяться понять поведение материала в условиях агрессивного воздействия на него внешней среды. Разрушение камня принимает много разных форм. Камень может постепенно приходить в изношенное состояние изнутри, оставляя видимость прочной внешней поверхности; временами большие каменные осколки могут отслоиться и упасть в одном месте кладки стены. Иногда поверхность покрывается образованиями, напоминающими волдыри [15; 7].

Порой камень может выглядеть совершенно нетронутым для невооруженного глаза, но при исследовании с помощью приборов видно, что он уже потерял свое целостное единство.

Иллюстрированный глоссарий ICOMOS-ISCS по разрушению камня (Vergès-Belmin, 2008) помогает определить и уточнить использование в разных языках и в профессиональном сообществе различных терминов, касающихся тех или иных процессов разрушения, например, выветривания, скалывания и отслаивания. Выветривание определяется как результат воздействия атмосферных явлений, в то время как распад – это «любое химическое или физическое изменение внутренних свойств камня, приводящих к потере целостности или ухудшению его состояния при использовании». Деградация определяется как «ухудшение состояния, качества или функциональных возможностей камня», а ухудшение – это «процесс, приводящий к снижению качества, стоимости, характеристик и т. д.». Некоторые интересные детали по истории составления словарей подобного рода можно найти во введении в глоссарий [16; 6].

Прежде чем мы сможем предпринять какие-либо действия по предотвращению разрушения камня или восстановлению деталей из него, мы должны понять, что вызывает это ухудшение.

Натуральный камень всегда был одним из основных материалов, используемых в архитектуре из-за его исключительной красоты и долговечность. Тем не менее декоративные и конструктив-

ные каменные элементы часто демонстрируют разрушения, которые, по существу, вызваны климатическими факторами, такими как загрязнение атмосферы, замерзание-оттаивание, тепловой шок и/или наличие солей или кислотных дождей. Изменения температуры в основном влияют на камни и приводят к анизотропии поведения из-за теплового расширения их кристаллов [17].

Сосредоточив внимание на погодных условиях в том или ином регионе, можно заметить, что несколько факторов действуют одновременно и их отрицательное влияние на долговечность камня может оказаться усиленным по сумме неблагоприятного воздействия на материал. Влажность, например, вместе с присутствием солей, была рассмотрена как фактор, усугубляющий ухудшение, в сочетании с термальными воздействиями на камень [7; 18; 15].

Тем не менее выветривание – не единственный аспект, который влияет на долговечность камней в конструкциях и декоре зданий. Даже ошибки при проектировании сооружения могут привести к образованию дефектов, которые в дальнейшем негативно воздействуют на состояние строительных материалов. Нарушение устойчивости к разрушению природного камня не только касается ухудшения его эстетических свойств, но в основном связано со снижением его механической прочности. Процесс ускоренного выветривания может быть использован для изучения возможного поведения камня в результате влияния как одного какого-то неблагоприятного фактора, так и целого комплекса негативных воздействий природного или техногенного происхождения. В этом случае сочетание влажности и температурной деформации можно изучать в их совокупности путем применения лабораторных методов [19–21].

Все природные факторы, такие как высокая летняя температура, влажность, снег, вода и ветер вызывают повреждение и разрушение камней исторических зданий, особенно если эти здания стоят в непосредственной близости к водоему (морю или реке). Зимой на конструктивных поверхностях архитектурных форм и элементах декора накапливается снег, а сильный дождь способствует поглощению воды порами камня. Таким образом, возникают трещины и повреждения не только в отдельных блоках и квадратах, но и во всей кладке здания [17; 9].

Изменения температуры и эффект ветра увеличивают испарение воды в порах камня, что приводит к образованию соляной корки на поверхности каменных деталей, ведущей к разрушению материала.

Высокая влажность внутри каменных пор приводит к потере вещества (различных минералов), связывающего поры камня и, следовательно, к

постепенной эрозии, что искажает эстетическую и историческую ценность зданий.

Загрязнение атмосферы выхлопными и промышленными газами, пылью и смогом приводит к тому, что при конденсации влаги на фасадах зданий и статуй происходит образование так называемого черного слоя на поверхности камня, а также среды, хорошо подходящей для распространения микрофлоры и микрофауны, ведущих к искажению эстетического облика объектов культурно-исторического наследия [22–25].

Соляная атака – это вид разрушения материалов стеновой кладки, таких как камень, кирпич и строительный раствор. Разрушение осуществляется за счет растворимых солей, образующих кристаллы в порах кладки. По мере роста кристаллов соли материал кладки постепенно приходит к состоянию деградации, которая усиливается процессом фреттинг-коррозии [26]. Соль обычно поступает из почв под зданием и поднимается в стены благодаря влажности и капиллярному эффекту. Когда влага испаряется из толщи стен, соли остаются, медленно накапливаясь количественно настолько, чтобы причинить ущерб. Повторное увлажнение стен и их просыхание в период сезонных изменений приводит к циклическому осаждению солей и прогрессивному разрушению каменной кладки [6; 27; 25; 28].

В качестве примера разрушающего воздействия среды на фасады каменных зданий можно привести дворец великого князя Владимира Александровича (Дом ученых) в Санкт-Петербурге по адресу: Дворцовая набережная, д. 26 / Миллионная улица, д. 27 (архитектор А. И. Резанов). Автору статьи удалось оценить степень ущерба, нанесенного природными и техногенными факторами материалу этого здания. При натурном наблюдении хорошо видно, что расплавы и соли образуются на поверхности камня в результате высокой влажности, температуры и ветра, которые испаряют воду, но оставляют соль, растворимую в воде. Соли начинают расти внутри каменных пор, а затем проявляются на поверхности камня. Такая же участь в результате выветривания постигла участки фасада Ново-Михайловского дворца (Институт истории материальной культуры и Институт восточных рукописей) в Санкт-Петербурге по адресу Дворцовая набережная, д. 18 / Миллионная улица, д. 19 (архитектор А. И. Штакеншнейдер). Повреждения в данном случае вызваны высокой влажностью, что привело к частичной утрате деталей среди каменных элементов и в слое штукатурки. Кроме того, наблюдается потеря камнем своей целостности из-за утраты способности к когезии между каменными гранулами и слоем штукатурки. Циклические изменения температуры, применительно к фасаду Ново-Михайловского дворца, обусловили отсло-

ние каменных отщепов, упавших и разбившихся в результате воздействия ветра и дождя. Приземные участки стен здания накапливают большое количество влаги от снега, что только усиливает процесс разрушения камня. Хорошо заметны и трещины, вызванные внутренним давлением по причине вертикальных нагрузок в толще стены, что приводит к деформации каменных элементов конструкции и отслоению штукатурки от стеновой поверхности. Высокая влажность и высокая летняя температура окружающей среды способствует биологическому загрязнению камня. Помимо этого, наблюдается накопление на поверхности фасада частичек почв, пыли, корок различного происхождения, а также надписей, загрязняющих фасад и возникающих по причине варварского отношения некоторых людей к историко-культурному наследию.

Разрушение камня, его повреждения, легко воспринимающиеся невооруженным глазом, зачастую, в силу сложившейся уже два века назад романтической традиции, принимаются за некий обязательный эстетический компонент исторических зданий. Поврежденность камня воспринимается как своего рода патина времени, придающая древним и старинным зданиям особое очарование. Особенно явно такое отношение прослеживается на примере античных храмов, средневековых замков и крепостей. Однако даже при сохранении первозданности руин необходима консервация материалов, строительного камня, кирпича и связующих растворов, для того чтобы разрушение этого материала не привело к окончательной гибели памятника. Существуют методы реставрации и консервации, укрепляющие материал, но сохраняющие и аутентичность облика старинного сооружения. Вместе с тем применительно к дворцовым постройкам такой флер времени, такая аура прошлого не всегда уместны. Дворцовые здания, особенно те, которые мы встречаем в европейских городах в эпоху Нового времени, задумывались и возводились как демонстрация богатства, роскоши и могущества. Обветшалый вид им не к лицу. При реставрации дворцовых построек стоит стремиться к доведению материала до глянцевого лоска, чтобы в восприятии зрителя складывался образ величавого и богато обставленного здания. Такое богатство многое скажет и о владельце дворца, тем более что история бытования постройки и судьбы владельцев дворцовых зданий тесно переплетены, а на уровне нарратива хорошо известны историкам, музейоведам, работникам туристской сферы, которые способствуют правильному пониманию исторической информации любителями старины о время экскурсий. Особенно это важно в тех случаях, когда большие усилия были направлены на реставрацию интерьера дворца. Иначе может возникнуть диссонанс при наличии хорошо отре-

ставированного внутреннего убранства с живописью, скульптурой, лепниной, нарядной мебелью и ветхого экстерьера. Парадность и помпезность фасада – залог правильного восприятия семиотического кода дворцового сооружения, а для этого необходима тщательная реставрация, способная вернуть камню как материалу былой блеск.

Сохранение материала исторических зданий, особенно тех, которые подвергаются различным факторам выветривания, необходимо ввиду самых разных причин. Исторические здания представляют собой национальное материальное и духовное богатство, которое необходимо регулярно поддерживать в условиях риска загрязнения атмосферы при неблагоприятном воздействии климата в крупных современных городах. Исторические здания — это послание предков будущим поколениям, благодаря которому последние могут узнать о культуре прошлого, чтобы построить культуру и цивилизацию будущего. Отсюда проистекает историко-культурная ценность каменной архитектуры.

### Список литературы

1. Каргин А., Костина А. Сохранение нематериального культурного наследия народов РФ как приоритет культурной политики России в XXI веке // Знание. Понимание. Умение. 2008. № 3. С. 59–71.
2. Дятчина Е. А., Птухина И. С. Сохранение памятников культурного наследия // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2017. № 4 (55). С. 94–114.
3. Кузоро К. А. Сохранение и популяризация культурного наследия региона сельскими библиотеками (на примере Томской области) // Вестник Кемеровского государственного университета. 2015. Т. 6, № 2 (62). С. 193–197.
4. Серегин Н. Н., Тишкин А. А., Горбунов В. В., Матренин С. С. Начало исследований некрополя Сяньбийско-жужанского времени на комплексе Чобурак-I (Северный Алтай) // Сохранение и изучение культурного наследия Алтайского края. 2018. № 24. С. 136–144.
5. Tuğrul A. Beril, Zarif H. İ. Research on limestone decay in a polluting environment, Istanbul (Turkey) // *Environmental Geology*. 1999. Vol. 38, №2. P. 149–158.
6. Hassan M. Study the environmental factors that affect in El Ashmunein area Minia and the methods of treatment and conservation. Minya: Minya Univ., 2015. 191 p.
7. Araoka W., Hokoi S., Ogura D., Iba C., Li Y., Hu S. Deterioration and preservation of City Wall in Nanjing // *Energy Procedia*. 2017. № 132. P. 945–950.
8. The Effect of the environment on Saint-Petersburg's cultural heritage / ed.: O. V. Frank-Kamenetskaya, D. Yu. Vlasov, V. V. Rytikova. Cham: Springer Nature Switzerland, 2019. 193 p.
9. Stone in architecture: properties, durability / ed.: S. Siegesmund, R. Snethlage. Berlin: Springer-Verl., 2011. 546 p.
10. Баева Л. В. Сохранение культурного наследия как воплощение ценности традиции // *Философия и общество*. 2012. № 1. С. 109–118.
11. Бармин В. В. Сохранение культурного наследия российских немцев на территории Западной Сибири // *Мир науки, культуры, образования*. 2009. № 7 (19). С. 21–23.
12. Berti M. Conservation of coral stone architectural heritage on the Coast of East Africa // *Procedia social and behavioral sciences*. 2016. № 225. P. 47–56.
13. Крогиус В., Колесниченко С. Сохранение культурного наследия в Японии: сравнение с рос. проблемами // *Обсерватория культуры*. 2005. № 6. С. 72–75.
14. Fitzner B., Heinrichs K., Dennis, Bouchardiere L. A. Limestone weathering on historical monuments in Cairo, Egypt // *Geological Society London special publications*. 2002. Vol. 205, № 1. P. 217.
15. Kramar S., Mladenović A., Pristacž H., Mirtič B. Deterioration of the black Drenov Grič limestone on historical monuments (Ljubljana, Slovenia) // *Acta Carsologica = Karsoslovni zbornik*. 2011. № 3 (40). P. 483–495.
16. Emara A.-A. S., Korany M. S. An Analytical study of building materials and deterioration factors of Farasan heritage houses, and the recommendations of conservation and rehabilitation (German House Case Study) // *Procedia social and behavioral sciences*. 2016. № 216. P. 561–569.
17. *Building Environment: English heritage practical building conservation* / ed.: R. Pender, B. Ridout, T. Curteis. Dorchester: Ashgate^ Farnham, 2014. 651 p.
18. Conservation of architectural heritage, historic structures and materials. Introduction / ed.: E. Borrelli, G. Chiari, A. Urland. Rome: ICCROM, 1999. Vol. 1. 99 p.
19. ICOMOS-ISCs: Illustrated glossary on stone deterioration patterns Glossaire illustré sur les formes d'altération de la pierre / Com. sci. inter. «Pierre» de l'ICOMOS. URL: <https://ru.scribd.com/document/45999734/Monuments-and-Sites-15-ISCs-Glossary-Stone>. (дата обращения: 09.06.2020).
20. Cassar J. A. Comment on «Model of limestone weathering and damage in masonry» by P. Gatt, «Xjenza» vol. 11 (2006) // *Xjenza*. 2007. № 12. P. 1–3.
21. Nabil Al-Abd, Nabil B. Experimental tests used for treatment of disintegrated granite in valley temple of Khafre – Egypt // *International journal of conservation science*. 2019. Vol. 10, № 2. P. 221–232.
22. Török Á.: Deterioration-related changes in physical properties and mineralogy of limestone monuments // *Engineering geology for tomorrow's cities: the 10th IAEG Congress, Nottingham (UK), 6–10 Sept. 2006* / the Geological Soc. of London. London, 2006. Vol. 297. P. 1–7.
23. Doehne E., Price C. A. *Stone conservation: An overview of current research*. Los Angeles (CA): Getty Conservation Inst., 2010. 175 p.
24. Cabeza L. F., Gracia A. de, Pisello A. L. Integration of renewable technologies in historical and heritage buildings: a rev. // *Energy and Buildings*. 2018. № 177. P. 96–111.
25. Raneri S. e. a. Multi-scale laboratory routine in the efficacy assessment of conservative products for natural stones // *Methods X*. 2018. № 5. P. 1095–1101.
26. Young D., Ellsmore D. Salt attack and rising damp: a guide to salt damp in historic and older buildings / *Heritage*

Council of NSW, Heritage Victoria, South Australian Dep. for Environment and Heritage. Adelaide: City Council, 2008. 79 p.

27. El-Gohary M. Investigations on limestone weathering of El-Tuba Minaret El Mehalla, Egypt: a case study // *Mediterranean archaeology and archaeometry*. 2010. № 1 (10). P. 61–79.

28. Princi E. Handbook of polymers in stone conservation. Smithers Rapra Technology, 2014. 316 p. URL: <https://b-ok.cc/book/3338224/255ada> (дата обращения: 09.06.2020).

## References

1. Kargin A., Kostina A. Preservation of the intangible cultural heritage of the peoples of the Russian Federation as a priority of Russia's cultural policy in the 21st century. *Knowledge. Understanding. Skill*. 2008. 3, 59–71 (in Russ.).

2. Dyatchina E. A., Ptukhina I. S. Preservation of cultural heritage sites. Construction of unique buildings and structures. 2017. 4 (55), 94–114 (in Russ.).

3. Kyzoro K. A. Preservation and popularization of the cultural heritage of the region by rural libraries (on the example of the Tomsk region). *Bulletin of the Kemerov State University*. 2015. 6, 2 (62), 193–197 (in Russ.).

4. Seregin N. N., Tishkin A. A., Gorbunov V. V., Matrenin C. C. The beginning of the necropoles of the syanbian-zhuzhan time on the Choburak-I complex (Northern Altai). *Saving and study of the cultural heritage of the Altai Territory*. 2018. 24, 136–144 (in Russ.).

5. Tuğrul A. Beril, Zarif H. İ. Research on limestone decay in a polluting environment, Istanbul-Turkey. *Environmental geology*. 1999. 38 (2), 149–158.

6. Hassan M. Study the Environmental factors that affect in El Ashmunein area Minia and the methods of treatment and conservation. *Minya: Minya Univ.*, 2015. 191.

7. Araoka W., Hokoi S., Ogura D., Iba C., Li Y., Hu S. Deterioration and preservation of City Wall in Nanjing. *Energy Procedia*. 2017. 132, 945–950.

8. Frank-Kamenetskaya O. V. (ed.), Vlasov D. Yu. (ed.), Rytikova V. V. (ed.). *The Effect of the environment on Saint-Petersburg's cultural heritage*. Cham: Springer Nature Switzerland, 2019. 193.

9. Siegesmund S. (ed.), Snethlage R. (ed.). *Stone in architecture: properties, durability*. Berlin: Springer-Verl., 2011. 546.

10. Baeva L. V. Preservation of the cultural heritage as an embodiment of the value of tradition. *Philosophy and society*. 2012. 1, 109–118 (in Russ.).

11. Barmin V. V. Preservation of the cultural heritage of Russian Germans in Western Siberia. *World of science, culture, education*. 2009. 7 (19), 21–23 (in Russ.).

12. Berti M. Conservation of coral stone architectural heritage on the Coast of East Africa. *Procedia social and behavioral sciences*. 2016. 225, 47–56.

13. Krogys V., Kolesnichenko S. Preservation of cultural heritage in Japan: Comparison with Russ. problems. *Observatory of culture*. 2005. 6, 72–75 (in Russ.).

14. Fitzner B., Heinrichs K., Dennis, Bouchardiere L. A. Limestone weathering on historical monuments in Cairo, Egypt. *Geological Society London special publications*. 2002. 205 (1), 217.

15. Kramar S., Mladenović A., Pristacz H., Mirtič B. Deterioration of the black Drenov Grič limestone on historical monuments (Ljubljana, Slovenia). *Acta Carsologica = Karsoslovni zbornik*. 2011. 3 (40), 483–495.

16. Emara A.-A. S., Korany M. S. An Analytical study of building materials and deterioration factors of Farasan heritage houses, and the recommendations of conservation and rehabilitation (German House Case Study). *Procedia social and behavioral sciences*. 2016. 216, 561–569.

17. Pender R. (ed.), Ridout B. (ed.), Curteis T. (ed.). *Building environment: Engl. heritage practical building conservation*. Dorchester: Ashgate: Farnham, 2014. 651.

18. Borrelli E. (ed.), Chiari G. (ed.), Urland A. (ed.). *Conservation of architectural heritage, historic structures and materials. Introduction*. Rome: ICCROM, 1999. 1. 99.

19. ICOMOS-ISCS: Illustrated glossary on stone deterioration patterns *Glossaire illustré sur les formes d'altération de la pierre / Com. sci. inter. «Pierre» de l'ICOMOS*. URL: <https://ru.scribd.com/document/45999734/Monuments-and-Sites-15-ISCS-Glossary-Stone>. (assessed: Jun.09.2020).

20. Cassar J. A. Comment on «Model of limestone weathering and damage in masonry» by P. Gatt, «Xjenza» vol. 11 (2006). *Xjenza*. 2007. 12, 1–3.

21. Nabil Al-Abd, Nabil B. Experimental tests used for treatment of disintegrated granite in valley temple of Khafre – Egypt. *International journal of conservation science*. 2019. 10 (2), 221–232.

22. Török Á.: Deterioration-related changes in physical properties and mineralogy of limestone monuments. *Engineering geology for tomorrow's cities: the 10th IAEG Congress, Nottingham (UK), 6–10 Sept. 2006 / the Geological Soc. of London*. London, 2006. 297. 1–7.

23. Doehne E., Price C. A. *Stone conservation: An overview of current research*. Los Angeles (CA): Getty Conservation Inst., 2010. 175.

24. Cabeza L. F., Gracia A. de, Pisello A. L. Integration of renewable technologies in historical and heritage buildings: a rev. *Energy and buildings*. 2018. 177, 96–111.

25. Raneri S. et al. Multi-scale laboratory routine in the efficacy assessment of conservative products for natural stones. *Methods X*. 2018. 5, 1095–1101.

26. Young D., Ellsmore D. Salt attack and rising damp: a guide to salt damp in historic and older buildings / Heritage Council of NSW, Heritage Victoria, South Australian Dep. for Environment and Heritage. Adelaide: City Council, 2008. 79.

27. El-Gohary M. Investigations on limestone weathering of El-Tuba Minaret El Mehalla, Egypt: a case study. *Mediterranean archaeology and archaeometry*. 2010. 1 (10), 61–79.

28. Princi E. Handbook of polymers in stone conservation. Smithers Rapra Technology, 2014. 316 p. URL: <https://b-ok.cc/book/3338224/255ada> (accessed: Jun.09.2020).