

*Хусаинов Б.А.,
Студент магистратуры 1 курс,
Инженерно-строительное отделение
«Набережночелнинский институт Казанского
федерального Университета»
Мурузина Е.В.,
Доцент, кандидат наук,
«Набережночелнинский институт Казанского
федерального Университета»
Россия, Набережные Челны*

ВЛИЯНИЕ ДРЕВЕСНОЙ ЗОЛЫ НА СВОЙСТВА И ДОЛГОВЕЧНОСТЬ ИЗВЕСТКОВОГО РАСТВОРА ДЛЯ ПЕРЕКРАСКИ ВЛАЖНОГО ИСТОРИЧЕСКОГО ЗДАНИЯ

Аннотация: Исторические свидетельства показывают, что древесная зола использовалась в известковом растворе для поглощения влаги из кладки стен. Биомассу древесной золы добавляли в строительные растворы, изготовленные из натуральной гидравлической извести и воздушной извести в качестве замены заполнителя в различных концентрациях. Прочность на сжатие, индекс прочностной активности, открытая и общая пористость, распределение пор по размерам, водопоглощение по капиллярности, десорбция, проницаемость для водяного пара и долговечность при замораживании-оттаивании оценивались через 90 дней. Результаты показывают, что мелкие частицы древесной золы вызывают более высокую долю пор в диапазоне капилляров и более высокую открытую пористость. Плотная структура извести и древесной золы повышает прочность на сжатие. Кроме того, благодаря гигроскопичности древесная зола придает известковым растворам способность удерживать больше воды, что

приводит к замедленному капиллярному поглощению при сохранении хорошей десорбции.

Ключевые слова: *Органические добавки, Ремонтный раствор, Индекс силовой активности.*

Annotation: *Historical evidence shows that wood ash has been used in lime mortar to help absorb moisture from masonry walls. Biomass wood ash was added to mortars made with natural hydraulic lime and air lime as an aggregate replacement at different concentrations. Compressive strength, strength activity index, open and total porosity, pore size distribution, water absorption by capillarity, desorption, water vapour permeability, and freeze-thaw durability were assessed after 90 days. The results indicate that fine particles of wood ash induce a higher proportion of pores in the capillary range and a higher open porosity. The tight structure of lime and wood ash increases the compressive strength. Furthermore, by being hygroscopic, wood ash gives lime mortars a capacity to hold more water, resulting in a delayed capillary absorption, while retaining good desorption.*

Key words: *Organic additive, Repair mortar, Strength activity index.*

Известковый раствор использовался еще до римских времен на различных конструкциях и в самых разных условиях окружающей среды. Ронделе, ведущий французский теоретик архитектуры, указывает в своем "Искусстве батира" в 1803 году, что хорошая производительность римского раствора является результатом хорошего качества изготовления и ухода, а также использования соответствующих материалов. Выбор конкретных и подходящих материалов для изготовления ремонтного раствора действительно должен учитывать не только то, что доступно на местном уровне, но и текущие условия как здания, так и кладки, а также окружающую среду и климат. Оптимальное сочетание материалов (то есть связующее, заполнитель и, возможно, добавка) зависит от понимания требований к

совместимости строительного раствора в данном структурном и экологическом контексте. Поэтому хороший выбор материалов и глубокое понимание их специфических свойств имеют важное значение для решения этих проблем и требований к сохранению.

В зданиях, сильно подверженных воздействию проливного дождя, раствор в швах, особенно при повторном нанесении, должен способствовать поглощению влаги из окружающих камней и способствовать высыханию кладки путем испарения, а также предотвращать попадание влаги в стену. Одним из материалов, исторически используемых для выполнения этого требования, является древесная зола. Исторические ступки часто содержат следы золы, часто в виде остатков от сжигания в печи для обжига извести, но римляне, по-видимому, уже использовали древесную золу в смесях известкового раствора в качестве водонепроницаемого компонента в зданиях, расположенных по всему Средиземноморью в Сирии и Иордании. В 18 и 19 веках в Англии и Франции было проведено несколько экспериментов, чтобы попытаться понять и воспроизвести римские минометы. Практики, инженеры и теоретики разработали различные руководства и трактаты, в которых мы можем найти подробную информацию о составах и рекомендации по использованию различных заполнителей и добавок, таких как древесная зола. В своем «Описание здания и описание строительства маяка Эддистоун из камня, в котором содержатся некоторые из первых современных исследований и экспериментов с известковыми растворами», Джон Смитон сообщает о предложении композиции, данной ему лордом Макклсфилдом в 1757 году, под названием «Пепельный раствор». Это одно из первых упоминаний о добавлении древесной золы в известковый раствор в современную эпоху. Сообщается, что этот раствор намного прочнее «в местах, которые иногда влажные, а иногда сухие», по словам каменщиков Макклсфилда. Брайан Хиггинс в 1780 году в своих «Эксперименты и наблюдения, проведенные с целью совершенствования техники составления и нанесения известковых

цементов и приготовления негашеной извести», провел серию экспериментов по воздействию древесной золы в растворе. Он рекомендует не отделять различные виды золы, так как это непрактично и не было бы сделано рабочими, а скорее просеивать древесную золу только для того, чтобы сохранить более мелкие частицы. Его выводы заключались в том, что древесная зола в смесях песка и извести сможет улучшить раствор, приготовленный из плохой извести, и позволит ему высохнуть без растрескивания. Он также обнаружил, что древесная зола, по – видимому, препятствует тому, чтобы раствор приобрел ту же твердость, что и смесь извести и песка, особенно когда количество древесной золы близко к количеству извести. В 1836 году французский инженер Валентин Бистон в своей книге "Мануэль теорик и практика Шофурнье" ссылается на рецепт Смитона по использованию древесной золы для зданий, последовательно подвергающихся воздействию влажной среды и сушке. Как и Хиггинс, он объясняет, что золу из всех видов древесины можно использовать с одинаковым благотворным эффектом. Эти практические руководства и трактаты по строительству зданий показывают, что древесная зола уже в начале 19 века понималась как придающая раствору повышенную способность поглощать влагу, что делает его гигроскопичным материалом при использовании в качестве заполнителя при замене песка. В более поздние годы Мендель Гудман отметил, что древесная зола влияет на структурные свойства известковой штукатурки, заключив, что древесная зола в качестве добавки может предложить недорогой способ улучшения известковых растворов. Согласно Генри и Стюарту, древесная зола при использовании в качестве добавки изменяет свойства негидравлического известкового раствора, способствуя скорости карбонизации и увеличивая проницаемость и обрабатываемость. Более поздние исследования предложили древесную золу или золу древесных отходов в качестве нового пуццоланового материала и рекомендовали ее использовать в качестве частичной замены цемента в бетоне

в качестве повторного использования органических отходов, демонстрируя увеличение прочности, долговечности и водопоглощения. В известковом растворе в настоящее время более распространено использование летучей золы для влияния на транспортировку жидкой воды и прочности на сжатие. В целом, использование натуральных пуццоланов и органических добавок для повышения механических свойств является растущей областью исследований.

Хотя древесная зола исторически использовалась и несколько раз упоминалась в строительных руководствах, было проведено мало научных исследований о точном влиянии, которое она оказывает на свойства известкового раствора.

Мелкие частицы, входящие в состав древесной золы, оказывают явное влияние на усадку при сушке, долговечность и структуру пор. Однако, для раствора, слишком большое количество мелких частиц отрицательно увеличивает усадку при сушке, поскольку заполнители недостаточно крупны, чтобы обеспечить стабильность раствора. Кроме того, более мелкие частицы увеличивают площадь поверхности древесной золы, при контакте с известью. Это может привести к увеличению времени схватывания, но здесь, по-видимому, это является причиной положительной пуццолановой активности. Поскольку большее количество частиц извести контактирует с древесной золой, оксид силиката, оксид калия и оксид алюминия, даже в небольших количествах, вступают в реакцию с гидроксидом кальция извести. Известковые растворы также демонстрируют общее повышение прочности при сжатии там, где песок был заменен керамическими отходами или другими зольными отходами. В целом, было обнаружено, что натуральные органические добавки образуют повышенную связь между добавками и известью. Предыдущие исследования также показали, что органические добавки по-разному распределяются в связующих, но здесь это не было замечено.

Кроме того, эти мелкие частицы способствуют образованию плотной пористой структуры по мере увеличения содержания древесной золы, это означает, что известь и древесная зола хорошо смешиваются в плотную структуру. Эта плотная структура может объяснить наблюдаемую более высокую прочность на сжатие. Эта структура также приводит к увеличению доли капиллярных пор. Большой объем капиллярных пор отвечает за более высокую проницаемость водяного пара, открытую пористость и наибольшее общее количество воды, поглощаемой капиллярностью.

Наконец, результаты показали, что растворы с древесной золой обладают более высокой водопоглощающей способностью при аналогичном объеме, чем контрольная смесь, и, по-видимому, улавливают воду. Это связано с гигроскопическими свойствами древесной золы как материала, который имеет тенденцию удерживать воду, а затем быстро выделять ее. Кроме того, результаты показывают, что древесная зола, будучи гигроскопичной и, следовательно, требующей большего количества воды, обеспечивает высокое соотношение воды и связующего и высокое начальное содержание влаги, что напрямую влияет на открытую пористость и усадку при высыхании.

В целом, швы в растворе должны быть более проницаемыми, чем кладка, чтобы способствовать высыханию и способствовать миграции растворимых солей через раствор. Поэтому раствор должен обладать высокой скоростью испарения, хорошей проницаемостью и минимальной усадкой и трещинами. Таким образом, контроль проникновения и перемещения влаги в кладке стены связан с долговечностью всей кладки. Было показано, что растворы из древесной золы повышают как паропроницаемость, так и способность к сушке и испарению обоих типов растворов. Кроме того, тот факт, что древесная зола притягивает воду, может помочь каменной и кирпичной кладке высохнуть.

Однако важно признать потенциальные негативные механические эффекты, которые может оказывать древесная зола. Важно, чтобы при

повторном нанесении строительных растворов была обеспечена минимальная усадка при высыхании, чтобы избежать трещин на стыке с камнем и швами. Действительно, сырость стены чаще всего вызвана усадкой строительного раствора или трещинами в кладке (камнях или кирпичках), что допускает попадание влаги. Поэтому следует избегать высокой концентрации древесной золы в качестве добавок. Кроме того, плотная структура, задерживающая влагу, может привести к низкой долговечности при многократном воздействии циклов замораживания-оттаивания. Хотя повторное нанесение должно способствовать привлечению влаги и быть менее долговечным, чем окружающие кирпичные блоки, оно все равно должно хорошо работать в течение разумного периода времени.

Многие исследователи пришли к выводу, что для снижения проникновения воды критически важна «производительность» раствора. Поэтому необходимо разработать раствор, который будет соответствовать структурным и экологическим требованиям конкретного исторического здания, таким как, например, мягкость, пористость, высокая проницаемость и способность выдерживать влажные условия.

Экспериментальная программа была разработана для оценки того, в какой степени изменение содержания древесной золы повлияло на ряд свойств известкового раствора, и для того, чтобы сделать выводы о причинах этих изменений.

Четыре основных вывода связаны с мелкими частицами и гигроскопическими свойствами древесной золы:

- Древесная зола, поскольку она гигроскопична, придает растворам способность поглощать больше общей воды при насыщении капилляров, поэтому задерживает их насыщение во времени и, как правило, замедляет поглощение капилляров (до 40%)

- Растворы из древесной золы, хотя и поглощают больше воды, обладают повышенной способностью высыхать, что свидетельствует об увеличении скорости сушки.

- Более плотная структура извести и древесной золы повышает прочность на сжатие. Мелкие частицы, выделяемые древесной золой, также могут быть ответственны за потенциальную пуццолановую активность.

Результаты исследований показывают, что древесная зола, используемая в своих наилучших потенциальных возможностях в средних количествах (20-40%), добавляемая в известковый раствор, дает потенциально хорошую смесь для ремонта швов кладки, особенно во влажной среде. Он будет обладать способностью застывать во влажных условиях, набирать прочность, обладать хорошей проницаемостью и способностью к высыханию, демонстрируя при этом низкую усадку и трещины. Однако в больших количествах (70% -100%) наблюдаются некоторые негативные эффекты, такие как высокая усадка при высыхании.

Дальнейшие исследования с неизменным количеством крупного заполнителя для уменьшения усадки и изучение влияния древесной золы на различные возрасты строительных растворов позволили бы получить более полное представление о полном потенциале этого материала.

Источники:

- 1) J.B. Rondelet, *Traité théorique et pratique de l'art de bâtir*. Chez l'auteur, Enclos du Panthéon, Paris, 1803.
<https://scholar.google.com/scholar?q=J.%20B.%20Rondelet,%20Traité%20théorique%20et%20pratique%20de%20l'art%20de%20bâtir.%20Chez%20l'auteur,%20Enclos%20du%20Panthéon,%20Paris,%201803>.
- 2) A.M. Forster, *Building conservation philosophy for masonry repair part 2 principles Struct. Surv.*, 28 (3) (2010), pp. 165-188, 10.1108/02630801011058906 <https://scholar.google.com/scholar?q=Building>

%20conservation%20philosophy%20for%20masonry%20repair%20part%202%20
%20principles

- 3) J.J. Hughes, RILEM TC 203-RHM Repair mortars for historic masonry, The role of mortar in masonry an introduction to requirements for the design of repair mortars Mater. Struct., 45 (9) (2012), pp. 1287-1294, [10.1617/s11527-012-9847-9](https://doi.org/10.1617/s11527-012-9847-9)
https://scholar.google.com/scholar_lookup?title=RILEM%20TC%20203-RHM%20Repair%20mortars%20for%20historic%20masonry%2C%20The%20rol e%20of%20mortar%20in%20masonry%20an%20introduction%20to%20requirem ents%20for%20the%20design%20of%20repair%20mortars&publication_year=201 2&author=J.J.%20Hughes
- 4) P. Maurenbrecher, RILEM TC 203-RHM Repair mortars for historic masonry. Requirements for repointing mortars for historic masonry Mater. Struct., 45 (9) (2012), pp. 1295-1302, [10.1617/s11527-012-9917-z](https://doi.org/10.1617/s11527-012-9917-z)
https://scholar.google.com/scholar_lookup?title=RILEM%20TC%20203-RHM%20Repair%20mortars%20for%20historic%20masonry.%20Requirements% 20for%20repointing%20mortars%20for%20historic%20masonry&publication_yea r=2012&author=P.%20Maurenbrecher
- 5) E.A. Laycock, C. Wood, Understanding and controlling the ingress of driven rain through exposed, solid wall masonry structures Geol. Soc. Spec. Publ., 391 (1) (2014), pp. 175-191, [10.1144/SP391.1](https://doi.org/10.1144/SP391.1)
https://scholar.google.com/scholar_lookup?title=Understanding%20and%20contro lling%20the%20ingress%20of%20driven%20rain%20through%20exposed%2C%2 0solid%20wall%20masonry%20structures&publication_year=2014&author=E.A. %20Laycock&author=C.%20Wood
- 6) M.E. Young, Dampness penetration problems in granite buildings in Aberdeen, UK causes and remedies Constr. Build. Mater., 21 (9) (2007), pp. 1846-1859

https://scholar.google.com/scholar_lookup?title=Dampness%20penetration%20problems%20in%20granite%20buildings%20in%20Aberdeen%2C%20UK%20causes%20and%20remedies&publication_year=2007&author=M.E.%20Young