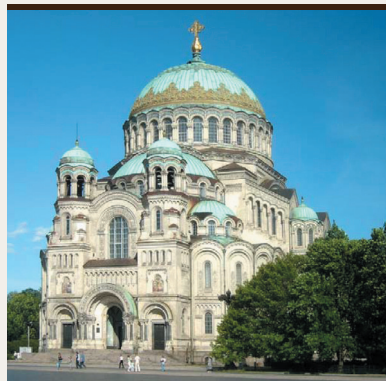


РЕСТАВРАЦИОННЫЙ ВЕСТНИК

remmershistoric

Научный подход к технологиям реставрации



**ГИДРОФОБИЗАЦИЯ
КАМЕННОЙ
КЛАДКИ**



ВЫПУСК 3

июнь 2023





Автор:

Сергей Юрьевич Шибает,
технический директор ООО «РЕММЕРС»

Гидрофобизация каменной кладки на ОКН как метод защиты фасадов от воздействия влаги

Большинство процессов структурного повреждения кирпичной кладки и кладки из природного камня на объектах культурного наследия связаны с воздействием влаги. Существуют различные механизмы проникновения влаги в пористую структуру кирпича или камня, например, при повреждении гидроизоляции, за счет капиллярного подъема влаги, образования конденсата на поверхности или внутри конструкции, гигроскопического впитывания влаги солями, воздействия осадков и т.д. Избыток влаги в конструкции способствует растворению и миграции солей, проявлениям биологических повреждений, циклов замораживания-оттаивания. Колебания влажности природного камня, содержащего глинистые включения, или исторического слабообожженного кирпича сопровождаются процессами разбухания и усушки, которые вызывают снижение прочности в приповерхностной зоне и в отдельных слоях камня. Как результат, на каменной кладке наблюдаются зоны намокания, высолов, отслоений. Поэтому основной задачей в процессе консервации или реставрации каменной кладки на ОКН является выявление механизма и причин ее увлажнения с последующим их устранением.

Если рассматривать вопрос защиты каменной кладки фасадов от атмосферных воздействий, то, в первую очередь, необходимо обеспечить оптимальное водоотведение на фасаде, которое включает в себя устройство достаточных свесов кровли, уклоны и отливы на плоских и выступающих элементах конструкций с устройством капельников, исправность желобов и водосточных труб и т.п. В качестве вторичной защиты оштукатуренных фасадов используют различные виды лакокрасочных покрытий. Когда штукатурные покрытия отсутствуют, как, например, на многих ОКН с открытой каменной или кирпичной кладкой, в качестве технологического решения рассматривается гидрофобизирующая обработка поверхности. Эффективность данного метода защиты фасадов из пористых материалов, склонных к высокому водопоглощению, проверена десятилетиями. Но, несмотря на большой накопленный опыт, тема применения гидрофобизаторов на ОКН постоянно находится в поле дискуссий, от полного отрицания до широкого применения. Истина, как обычно, лежит где-то посередине.

В качестве негативных последствий противниками гидрофобизации, как правило, называются следующие:

- короткий срок действия;
- невозможность полноценной защиты по причине наличия микротрещин на минеральной поверхности;
- изменение цвета и степени матовости обработанной поверхности;
- существенное снижение паропроницаемости ограждающей конструкции;
- необратимый эффект.

В рамках этой работы постараемся разобраться, в том числе, и с тем, насколько верным является каждое из этих утверждений.

Основная цель гидрофобизирующей обработки фасадов – значительно снизить водопоглощение пористых материалов. В природном камне и кирпиче встречаются поры различных размеров. Классификация пор в зависимости от их размеров приведена в Таблице 1. Размер пор определяет их свойство относительно проницаемости для жидких сред. В случае защиты фасадов от атмосферных осадков мы имеем практически безнапорное воздействие влаги. В данном случае проникновение воды в конструкцию происходит, главным образом, за счет капиллярного подсоса. Гидрофобизирующая обработка понижает смачиваемость стенок капиллярных пор и тем самым существенно снижает степень увлажнения фасада.

“
Основная цель гидрофобизирующей обработки фасадов – значительно снизить водопоглощение пористых материалов.
 ”

Метод гидрофобизации начал активно применяться в строительстве в 50-х годах XX века. В качестве действующего вещества использовались растворы высокомолекулярных кремнийорганических соединений, прежде всего, силиконовых смол в органических растворителях. Такие составы не могли обеспечить глубокое проникновение в структуру основания.

Начиная с середины 1970-х годов в качестве действующих веществ для гидрофобизирующих составов стали применять низкомолекулярные кремнийорганические соединения: силаны, силоксаны, а также их смеси. Позднее были разработаны системы на основе водных эмульсий силан/силоксана.

Следующей стадией развития гидрофобизаторов стала разработка кремообразных составов на основе водных эмульсий силан/силоксана. Преимущество гидрофобизирующего крема по сравнению с жидкими продуктами заключается в возможности более длительного времени воздействия состава на поверхность фасада, что позволяет добиться большей глубины проникновения действующего вещества. Также такие виды гидрофобизаторов более просты в нанесении и не требуют тщательной защиты сопряженных необрабатываемых поверхностей.

Силаны и силоксаны остаются оптимальными действующими веществами, используемыми в качественных гидрофобизирующих составах.

Силаны – мономеры кремнийорганических соединений с химической формулой SiH_4 . Такая тонкая молекулярная структура обеспечивает наиболее глубокое проникновение действующего вещества в структуру основания. В результате химической реакции на стенках пор образуется двумерная кремнийорганическая решетка толщиной в одну молекулу, которая также химически связывается с окислами кремния в основании.

Таблица 1. Классификация пор в минеральных строительных материалах.

Виды пор	Размер	Свойство
Гелевые поры	$< 10^{-9}$ м	Не проницаемы для жидкостей
Микропоры	$< 10^{-7}$ м	Не проницаемы для жидкостей
Капиллярные поры	от 10^{-7} до 10^{-4} м	Капиллярный подсос жидкости
Воздушные поры	$> 10^{-4}$ м	Прерывает капиллярный подсос жидкостей

Силоксаны – олигомеры со сравнительно небольшой молекулярной массой, включающие связи Si-O-Si. По размеру молекул они занимают область между мономерами и высокомолекулярными соединениями. Для гидрофобизирующих составов используются растворы силоксанов в алифатических растворителях, эмульгируемые в воде, или в качестве концентрата микроэмульсии (смеси силанов и олигомерных силоксанов).

подавляющее большинство качественных гидрофобизаторов состоит из смеси силан/силоксанов с добавлением различных вспомогательных веществ. Помимо растворителя, к вспомогательным веществам также относятся эмульгаторы, консерванты и катализаторы. Реже



Фото 1. Жемчужный эффект на гидрофобизированной поверхности.

используют спиртовые растворы силана, т.к. их эффективность ниже. Применение спиртовых растворов оправдано только в том случае, если во время обработки невозможно избежать контакта с чувствительными к растворителям материалами, например, с битумом, полистиролом (в системах наружного утепления) и т.п.

Качество выполненной гидрофобизирующей обработки кладки часто оценивают по водоотталкивающему эффекту на поверхности основания, который часто называют «жемчужным эффектом» или «эффектом лотоса». При смачивании поверхности уже через небольшой промежуток времени после нанесения гидрофобизатора появляется характерный эффект с образованием капель воды (фото 1), что визуально очень впечатляет, но, с экспертной точки зрения, в конечном счете

“

«Эффект лотоса», с экспертной точки зрения, ничего не говорит о качестве гидрофобной обработки.

”

ничего не говорит о качестве гидрофобной обработки. На практике внешний жемчужный эффект на фасаде достаточно быстро исчезает. Это связано с тем, что кремнийорганические соединения химически стабильны, но быстро разлагаются под

действием УФ-излучения.

Уже после кратковременного пребывания на солнце обработанные поверхности снова начинают смачиваться водой. Поскольку УФ-излучение воздействует только на поверхность камня, гидрофобность пор в структуре кладки остается незатронутой. Таким образом, гидрофобность камня снижается только по мере повреждения отдельных участков поверхности, например, за счет истирания

или других механических воздействий. По этой причине важнейшим показателем качества гидрофобизации и обеспечения долговременной эффективности водоотталкивающей обработки является глубина проникновения действующего вещества.

Глубину проникновения на объекте проконтролировать несложно. Для этого можно, например, примерно через 30 минут после обработки сделать небольшой скол. Пропитанная зона в сечении будет выглядеть более темной. Если есть возможность, то лучше дождаться полной реакции действующего вещества и формирования водоотталкивающего эффекта (минимум 14 дней, в зависимости от продукта и климатических условий) и только потом сделать скол и смочить это место. Гидрофобизированная зона будет более светлая (фото 2).



Фото 2. Глубина проникновения гидрофобизатора.

Сложнее с качеством самого действующего вещества и его концентрацией. Последние сильно влияют на стоимость состава. Экономия на действующем веществе или на его количестве, в конечном счете, отражается на качестве выполненных работ и конечном результате. Здесь работает принцип: применение качественного действующего вещества в низкой концентрации так же плохо, как и применение низкокачественного вещества в достаточной или высокой концентрации.

Почему так важна глубина проникновения действующего вещества для эффективности гидрофобизирующей обработки? Все строительные материалы в той или иной степени реагируют на переменные климатические нагрузки деформациями расширения или сжатия. На фасаде эти нагрузки наиболее выражены вблизи поверхности, так как именно здесь происходят наибольшие изменения температуры и влажности. Поскольку эти деформации во многом зависят от содержания влаги, то в области перехода от поверхностного обработанного сечения к необработанному возникают внутренние напряжения, которые со временем могут приводить к образованию трещин, например, по кромкам кладочных швов. Через эти дефекты внутрь конструкции попадает влага, что приводит к дальнейшим повреждениям структуры. Но влияние климатических воздействий на внутренние деформационные напряжения в камне заметно снижаются с глубиной. Поэтому толщина пропитанного гидрофобизатором слоя снижает риск проникновения воды через возможные поверхностные трещины.

Если обобщить все факторы, то на глубину

проникновения гидрофобизатора влияет:

- химическая структура материалов кладки (порода камня, вид кирпича и кладочного раствора и т.п.);
- пористость и впитывающая способность материалов кладки;
- влажность кладки во время пропитки;
- вид и размер молекул действующего вещества;
- концентрация действующего вещества;
- тип растворителя;
- техника нанесения (способ обработки, расход, время контакта, количество отдельных операций и временные интервалы между ними).

Поскольку жемчужный эффект не является критерием качества обработки, и его исчезновение на поверхности не говорит о качестве (тем более, глубине) обработки, то для контроля ее функционирования рекомендуется регулярно проводить тестирование кладки на водопоглощение, как правило, с помощью трубки Карстена (фото 3).

Кроме качества и количества действующего вещества, на эффективность обработки также влияет технология нанесения. Основной принцип: эффективность пропитки тем выше, чем больше глубина проникновения.

Гидрофобизатор рекомендуется наносить на фасад кистью (например, макловицей). На больших площадях оптимально подходит метод распыления с использованием обычного садового опрыскивателя без насадки-распылителя или насос для безвоздушного распыления. При этом распределение нанесенного материала кистью не отменяется, т.к. втирание дополнительно обеспечивает равномерность и глубину проникновения.

Для достижения максимальной для конкретного объекта глубины насыщения камня необходимо обеспечить, по возможности, более длительное время контакта пропитки с кладкой. Поэтому на вертикальных поверхностях для этого лучше всего подходит метод облива: состав наносится на поверхность горизонтально в направлении сверху вниз так, чтобы он стекал по поверхности полосами примерно до полуметра. Для достижения большей глубины проникновения рекомендуется выполнять нанесение за несколько раз, т.е. два прохода лучше, чем один с чрезмерным расходом. Второй проход всегда выполняется методом «мокрое по мокрому»,

“

Применение качественного действующего вещества в низкой концентрации так же плохо, как и применение низкокачественного вещества в достаточной или высокой концентрации.

”



Фото 3. Применение трубки Карстена на объекте.

поэтому интервалы между проходами должны быть короткими. Для повышения скорости обработки большой участок лучше разбить на небольшие захватки, которые пропитываются по отдельности.

Часто возникает вопрос о влажности основания, при которой можно производить работы по гидрофобизации. В этом плане нужно учитывать, что влага является катализатором реакции, поэтому следует контролировать влажностное состояние кладки. Невозможно точно указать параметр влажности кладки в момент обработки, т.к. наиболее важным является содержание влаги в тонком поверхностном слое. Т.е. кладка, влажная в своей структуре, но относительно сухая на поверхности, может быть пригодна для пропитки. С другой стороны,

кладка в целом сухая, но достаточно влажная в приповерхностной зоне, например, после ливня, требует высушивания перед обработкой. Таким образом, для проведения работ решающее значение имеет содержание влаги в поверхностной зоне.

Есть определенные ограничения применения гидрофобизирующей обработки фасадов на ОКН. Иногда это связано с неестественным для исторической кладки водоотталкивающим эффектом, который возникает во время дождя. Если сильный гидрофобный эффект нежелателен, то для таких случаев возможно применение составов, которые имеют специальную пониженную водоотталкивающую способность, т.е. создают определенный компромисс между пониженным водопоглощением и неярко выраженным водоотталкиванием.

Поскольку атмосферные осадки – не единственный путь проникновения воды в кладку, то на стадии проведения инженерно-технических исследований необходимо выявить все механизмы и причины увлажнения каменной кладки. Для применения метода гидрофобизации необходимо убедиться, что отсутствуют или устранены другие пути проникновения влаги в конструкцию, кроме атмосферных осадков. И если на объекте отсутствует или нарушена гидроизоляция заглубленных конструкций, присутствует капиллярный подъем влаги, есть условия для образования конденсата на поверхности или внутри конструкции, выявлено гигроскопическое поглощение влаги солями в кладке, то применение гидрофобизирующей обработки в этих случаях не только не служит защитой, но и опасно для конструкции без устранения вышеуказанных причин попадания влаги в кладку.

В первую очередь, это связано с тем, что зона испарения влаги и кристаллизации солей после проведения водоотталкивающей обработки смещается с поверхности кладки в ее толщу за гидрофобизированный слой. Поэтому растворы солей, мигрирующие в сторону наружной поверхности

кладки, «упираются» в гидрофобизированную зону и кристаллизация солей происходит в структуре камня. Поскольку соли при кристаллизации увеличиваются в объеме, то в порах создается внутреннее давление, которое приводит к образованию микротрещин. Последующие повторяющиеся фазы растворения солей, их миграции и кристаллизации негативно воздействует на ослабленные слои камня и со временем приводят к когезионному разрушению камня.

Таким образом, гидрофобизирующая обработка является долговечным, надежным и оправданным методом защиты кладки от внешнего проникновения влаги, в первую очередь, от атмосферных осадков, в том числе и для объектов культурного наследия. Применение этого метода защиты должно сопровождаться обследованием с четким представлением причин увлажнения, правильным подбором материала и соблюдением технологии применения.

Рассматривая возражение противников гидрофобизации на ОКН, приводящих в качестве довода наличие дефектов на минеральной поверхности кладки или штукатурки, следует разделить этот вопрос на две части.

Действительно, на фасаде сложно обеспечить полное отсутствие дефектов. И крупные дефекты, безусловно, должны быть отремонтированы. А с микротрещинами современные гидрофобизаторы справляются очень эффективно.

В дальнейшем гидрофобизированные фасады требуют контроля и обслуживания. Во-первых, для своевременного ремонта появляющихся дефектов. Даже в случае полностью отремонтированной поверхности кладки из-за температурных деформаций практически невозможно предотвратить образования трещин на кромках кладочных швов и стыках разнородных материалов. Глубина таких трещин может превысить глубину гидрофобизированного слоя. Поэтому необходим контроль за состоянием трещин и их своевременная санация. Во-вторых, из-за снижения со временем водоотталкивающего эффекта на поверхности кладки возможно отложение гидрофильных частиц пыли и грязи. Эти частицы, проникающие в пористую структуру поверхности кладки, снижают водоотталкивающий эффект. При заметном снижении гидрофобного эффекта может потребоваться

обновление гидрофобного покрытия.

Вопрос сохранения паропроницаемости ограждающей конструкции или штукатурного слоя является важным, особенно, если речь идет об объектах культурного наследия. Иногда высказывается опасение, что в случае попадания воды за обработанный поверхностный слой высыхание основания замедляется. Эти вопросы требуют отдельного серьезного рассмотрения.

Гидрофобизация, при правильном ее выполнении, не замедляет скорость высыхания основания, т.к. после завершения обработки и протекания химической реакции на стенках пор образуется слой кремнийорганического покрытия толщиной всего в одну молекулу. В результате значительно снижается капиллярное водопоглощение. При этом сечение пор практически не изменяется, соответственно такая

“

Качественная гидрофобизация снижает водопоглощение и не влияет на паропроницаемость.

”



Фото 4. На фото видно, что в результате гидрофобизирующей обработки влага не может проникнуть в поверхностную зону даже при наличии микротрещин.

обработка не оказывает сколь-нибудь значимого влияния на паропроницаемость. При пониженном водопоглощении и высокой диффузии водяного пара скорость высыхания основания, как минимум, не снижается.

Именно это наглядно продемонстрировали результаты проведенных испытаний. На графике (рис. 1) видно, что в среднем изменение показателя составило около 1% (с 23.79 до 24.05). Безусловно, важную роль играет, какой именно материал применяется для данного объекта в конкретных условиях.

Изменение цвета и степени матовости поверхности после обработки напрямую зависит от правильности подбора материала. Существуют гидрофобизаторы, которые абсолютно не изменяют ни цвет, ни степень матовости поверхности после обработки.

Срок службы гидрофобизирующей обработки и периоды обновления также являются поводом для широких дискуссий. Основой для толкования

этого вопроса является то, что конечным продуктом реакции действующего вещества в гидрофобизаторе являются полисилоксановые смолы. В основе этих соединений лежит кремний – один из самых прочных минералов на земле, который практически невозможно разрушить. Поэтому удалить гидрофобный слой из пор невозможно, гидрофобность в структуре исчезнет только с полной потерей пропитанного слоя кладки.

Исследования и наблюдения в течение 30 лет за ранее выполненными объектами показывают сохранение гидрофобности пор внутри структуры камня. Хотя, как отмечалось выше, эффект на поверхности со временем ослабевает. На срок службы влияет качество используемого состава, методика и тщательность выполнения работ, условия проведения работ, расход. Для области ухода за ОКН важно, прежде всего, научное обоснование данного вида обработки и последующее сопровождение при эксплуатации.

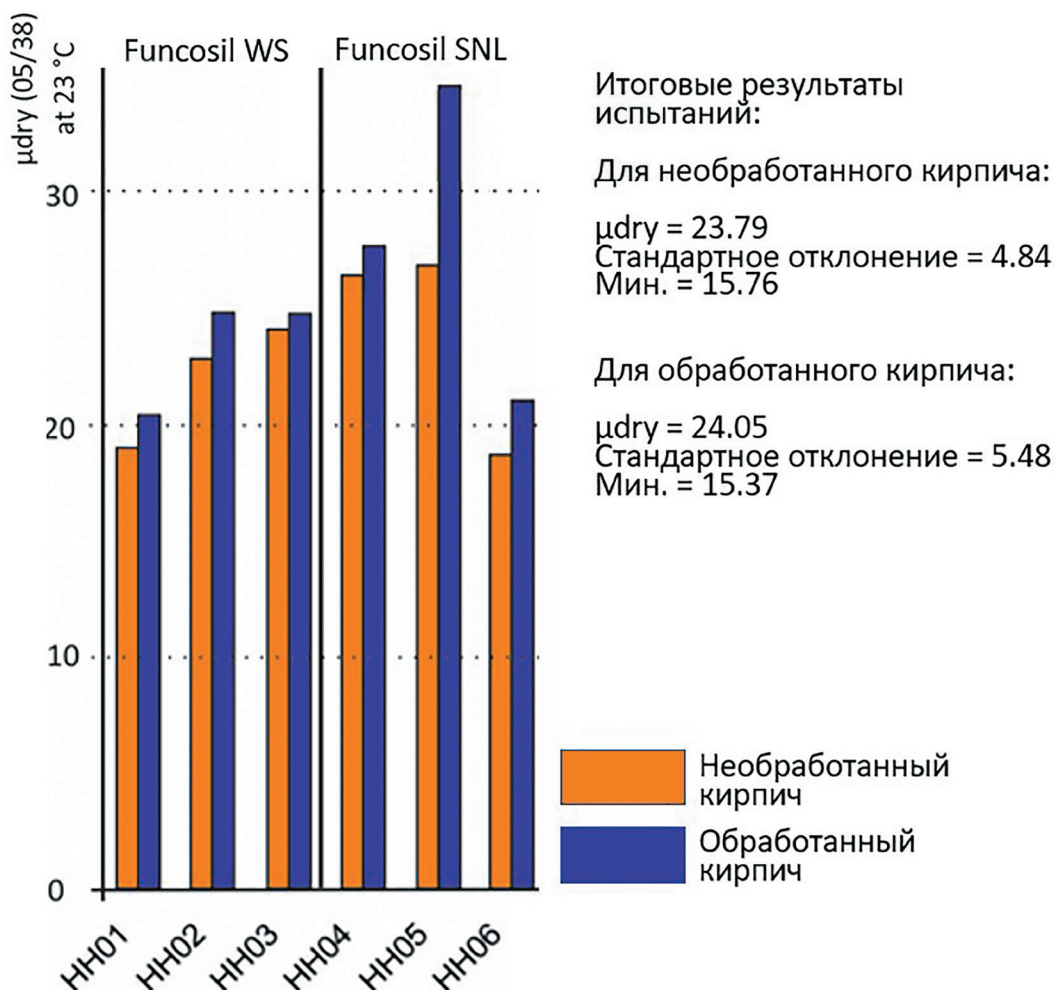


Рис. 1. Влияние применения гидрофобизаторов на паропроницаемость.

Выводы:

Если активное увлажнение каменных или кирпичных фасадов происходит в результате воздействия атмосферных осадков или других внешних безнапорных водных нагрузок, то снижение капиллярного подсоса за счет гидрофобизирующей обработки является обоснованным защитным мероприятием.

Гидрофобизирующая обработка, выполненная по современной технологии, является долговечной и необратимой.

Тщательность соблюдения технологии на всех этапах планирования и реализации имеет решающее значение!

При правильно подобранном гидрофобизаторе и корректном нанесении с обеспечением максимальной глубины пропитки метод водоотталкивающей обработки позволяет достичь длительной эффективной защиты кладки на ОКН.



ООО «РЕММЕРС»
www.remmers.ru



The image features a minimalist design with a light beige background. It includes several horizontal lines and colored rectangular blocks. A dark brown line is at the top. Below it, a thin black line is followed by a wide dark brown rectangle. To the right of this is a light beige rectangle. Below the dark brown rectangle is a blue rectangle containing the text 'ООО «РЕММЕРС»' and 'www.remmers.ru'. To the right of the blue rectangle is a dark brown rectangle, and to its right is a medium brown rectangle. At the bottom right, there is another dark brown rectangle. The bottom of the page is defined by two more dark brown lines.