

ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ  
СТАНДАРТ  
МОСКОВСКИЙ АРХИТЕКТУРНЫЙ ИНСТИТУТ  
КАФЕДРА «АРХИТЕКТУРНОЕ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ»

**УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ**

# Современные материалы и технологии в реставрации

ДОЦЕНТ, К.Т.Н. КАВЕР Н.С.

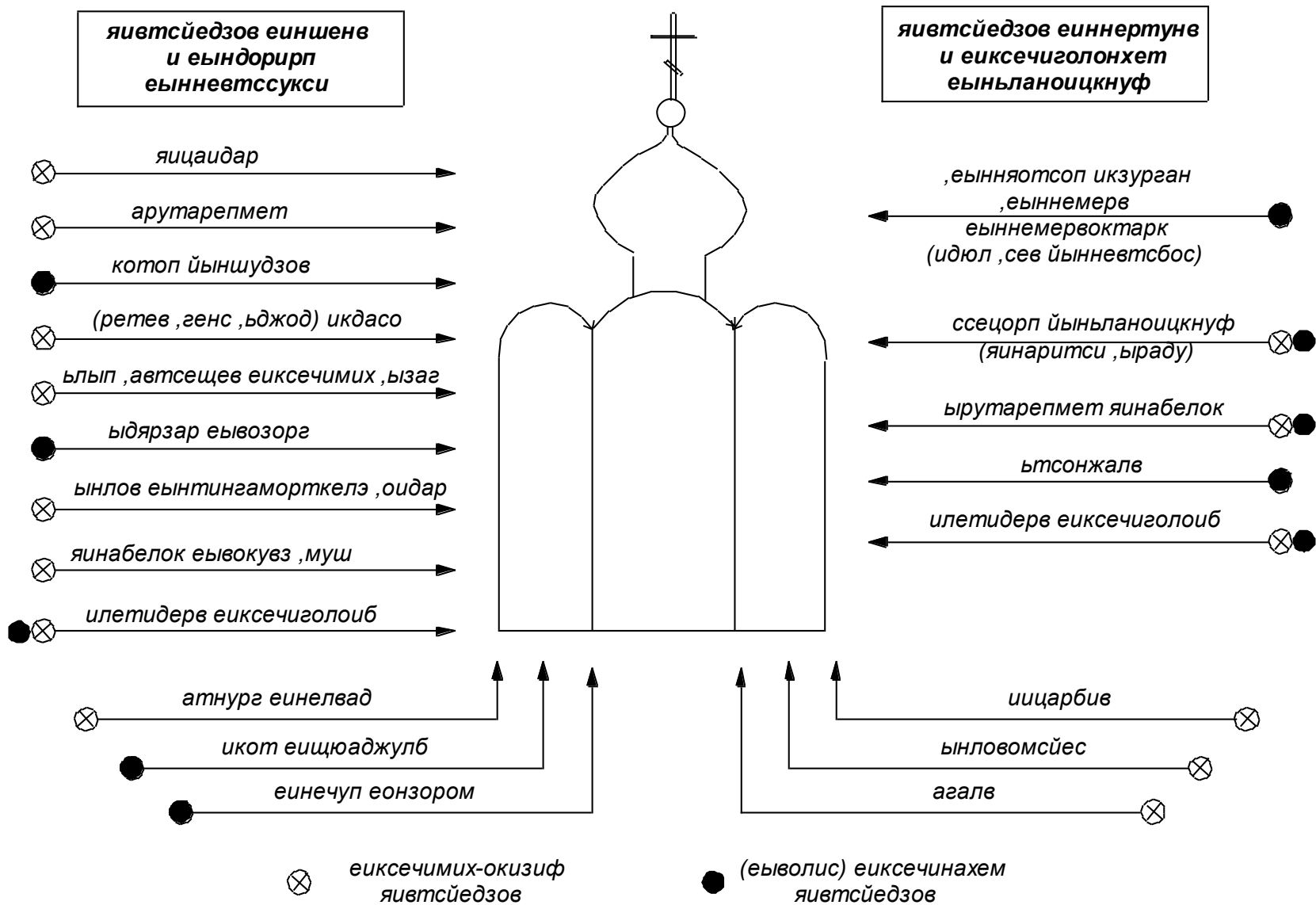
МОСКВА 2014

Допущено УМО по образованию в области архитектура в качестве учебного пособия для студентов вузов, обучающихся по направлению «Архитектура»

## Введение.

- Сохранение памятников архитектуры в изменившейся агрессивной окружающей среде является основной задачей реставрации. Разрушение строительных материалов памятника и замена их новыми приводит к снижению его исторической ценности, подлинности, утрате культурного и информационного ресурса.
- Современные материалы и технологии применяемые в реставрации позволяют сохранить подлинные материалы на памятнике и успешно решать сложные проблемы, связанные с восстановлением гидроизоляции, санации влажных засоленных кладок, структурного укрепления материалов, гидрофобизации. Большое внимание уделено выбору финишной отделки лакокрасочными материалами с учетом особенностей подложек исторических зданий. Рассматривается также специфическая проблема очистки поверхностей от граффити.

# Анализ причин повреждения материалов памятников



## Комплексные научные исследования, проводящиеся на объекте реставрации

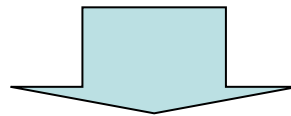
- *Историко-архивные и библиографические исследования*
- *Натурные исследования*
- *Исследования по объемным параметрам и специальные инженерно-технологические исследования*
- *Инженерные изыскания*

## Историко-архивные и библиографические исследования

Метод	Получаемая информация
Историко-архивный	Определение даты постройки, времени и количества ремонтов и основных видов перестроек здания.
Изучение библиографических источников	Установление фамилий авторов и основных строителей. Определение исторических периодов, преобразований и событий, связанных с исследуемым памятником, его роль в окружающей среде и культурное значение.
Изучение литературных источников	Фотокопии или выкопировки письменных, графических и изобразительных материалов, в том числе по аналогам.
Изучение ранее разработанной научно-проектной документации для реставрации объекта	Подробное описание разрушений, а также проведенных работ по реставрации с указанием причин и конкретных частей объекта, применявшихся архитектурных и конструктивных решений, строительных материалов, технологии и сроков производства работ

# Историко-архивные и библиографические исследования

Метод	Получаемая информация
Графических построений (дорисовки утраченных фрагментов)	<p>Учитывая, что многие памятники архитектуры XVII, XVIII, XIX веков имеют сходные планы, фрагменты, -идентичные элементы фасадов допускается восполнение утрат по сохранившимся аналогам.</p> <p>В случае необходимости проверки графических дорисовок используется установка макетов на памятник.</p>



Историческая справка для проекта реставрации

# Историческая справка для проекта реставрации

- Архитектурно-художественный и типологический анализ объекта культурного наследия (ОКН);
- Краткая история местности, где был создан ОКН;
- Стилистая характеристика района или города, архитектора, мастера-строителя;
- Данные об архитекторе, строителях и владельцах ОКН;
- Хронология смены владельцев и изменений в использовании ОКН;
- Подробное описание всех перестроек, разрушений и ремонтов с указанием конкретных частей зданий, подвергшихся этим изменениям, а также применявшихся материалов и пр.

# Натурные исследования

Метод	Получаемая информация
Визуальное обследование с фотофиксацией	Количество, степень макроповреждений материала памятника. Фотографии основных повреждений материала.
Физические измерения: обмеры	<b>Схематические</b> – на стадии предварительного обследования, не требующие получения точных геометрических размеров.  <b>Архитектурные</b> – фиксация и проработка обмерных чертежей для детального проекта реставрации.  <b>Архитектурно-археологические</b> – более детальная проработка по отдельным элементам при зондажах, шурфах.
Наземное лазерное сканирование	<ul style="list-style-type: none"><li>•Цифровая фотография объекта</li><li>•Съемка высокого разрешения</li><li>•Возможность измерения по облаку точек</li><li>•Чертеж объекта (планы, разрезы, фасады)</li><li>•Трехмерная модель объекта</li></ul>



# Натурные исследования

Метод	Получаемая информация
<p>Физические измерения: Зондажи – поэлементное, послойное раскрытие элементов</p>	<p><b>Архитектурные</b> – раскрытие архитектурно-конструктивных элементов зданий</p>
	<p><b>Архитектурно-археологические</b> – раскрытие конструктивных элементов фундаментов, цокольных наслоений</p>
	<p><b>Художественно-живописные</b> – раскрытие первоначальных красочных слоев</p>
	<p>Описание первоначальных материалов и конструкций объекта или их остатков и следов, характера отделки, применявшихся строительных и технологических приемов, технического состояния и причин дефектов.</p>

# Натурные исследования

- Аналитические вывод об изменении объекта во времени, сравнительный анализ с данными историко-архивных и библиографических исследований и рекомендации по применению методов реставрации;
- Результаты исследований монументальной живописи, элементов внешнего и внутреннего декоративного убранства и предметов декоративного искусства;
- Результаты инженерно-технологических исследований строительных и отделочных материалов;
- Данные инженерных, дендрологических и археологических исследований территории объекта;
- Результаты расчетов несущей способности конструкций и фундаментов, теплотехнических, светотехнических и акустических параметров объекта;
- Графические и другие фиксационные материалы по натурным исследованиям

# Исследования по объемным параметрам и специальные инженерно-технологические исследования

- Методы и результаты исследований и расчетов объемных параметров, утраченных частей объекта;
- Результаты исследований и расчетов по определению физико-химических параметров объекта и его оптимального температурно-влажностного режима в целях обеспечения физического долголетия и сохранности объекта при современном использовании с учетом влияния техногенных и климатических воздействий, существующей или планируемой топографической, ландшафтной и градостроительной ситуаций, гидрогеологических условий и поведения грунтов основания.

## Инженерные изыскания

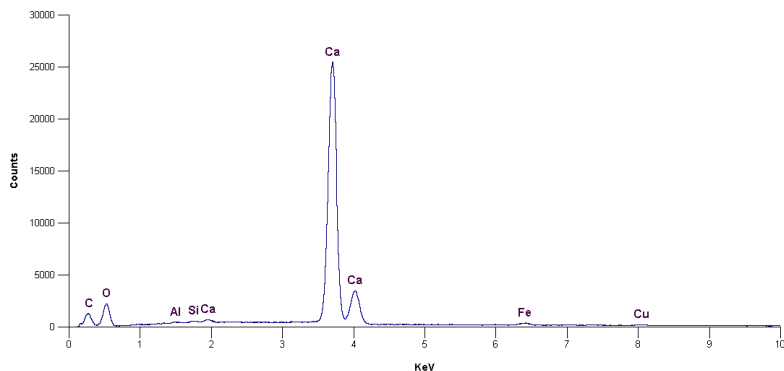
- Подраздел инженерные изыскания выполняется в соответствии с частями 5 и 6 свода реставрационных правил: СРП-2007.5 и СРП-2007.6

# Материаловедческие исследования как часть детального обследования технического состояния конструкции

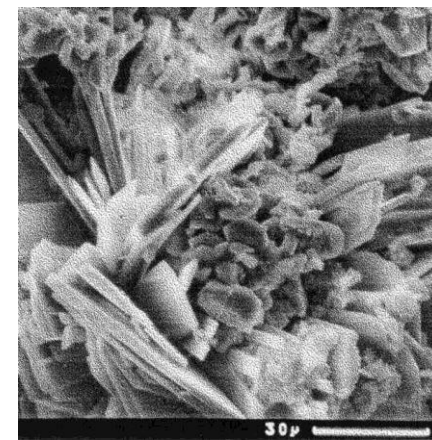
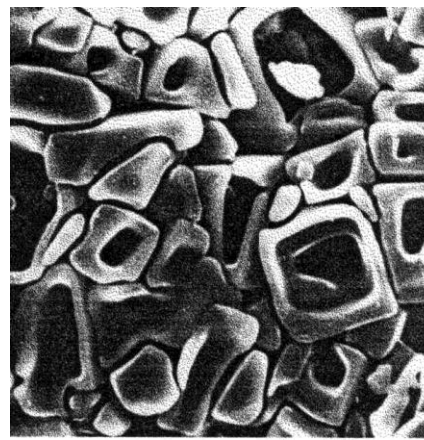
- Основной целью материаловедческих исследований является определение вида повреждения материала и получение комплекса качественных и количественных характеристик, отражающих характер деструктивных процессов, происходящих в материалах, в объеме необходимом для диагностики состояния, определения причин возникновения повреждений и разработки проекта реставрации памятника.
- При исследовании материала требуется определять: степень, вид увлажнения, характер взаимодействия «материал – вода», фазовый и химический состав, степень и вид загрязнения, морфологию, микроструктурную, химическую и геохимическую неоднородность, дефекты структуры, ресурс долговечности.
- Отбор образцов для материаловедческих исследований проводится после обследования состояния памятника, фотофиксации мест повреждений и составления ведомости дефектов. Образцы отбирают из всех поврежденных участков с поверхности и по толщине материала (для определения глубины поражения) в виде микрокернов, получаемых с использованием специальных пробоотборников, или вырезают (соскабливают) с поверхности поврежденных материалов. Для каждого вида повреждений образцы отбирают не менее чем из трех характерных участков: из части пораженной коррозией, из части не пораженной коррозией и на участке между ними.

- При исследовании структуры материала следует применять электронный сканирующий микроскоп с использованием прямого метода анализа образца, который дает возможность видеть структуру материала и изучать её особенности.
- Рекомендуемая методика проведения материаловедческих исследований в лаборатории включает:
- визуальную оценку общего состояния образца материала (под микроскопом), выбор однотипных и отличающихся по структуре участков для исследования проб;
- отбор и подготовку образцов для лабораторных исследований, осуществляемый согласно ГОСТ 9980.2-96.
- выполнение физико-химических исследований в соответствии с ГОСТ 22091-84, ГОСТ 21472-81 (СТ СЭВ 1145-78) и новыми общепринятыми методами работ на современном диагностическом оборудовании - сканирующем электронном микроскопе с химическим и фазовым анализатором.
- Для надежной диагностики рекомендуется использовать несколько методов структурного физико-химического анализ:  
рентгеноспектральный микроанализ, электронная сканирующая микроскопия с разрешающей способностью 0,3-0,5 нанометров, дифференциально-термический анализ, кристаллографический анализ, инфракрасная спектроскопия, люминисцентный анализ и другие.

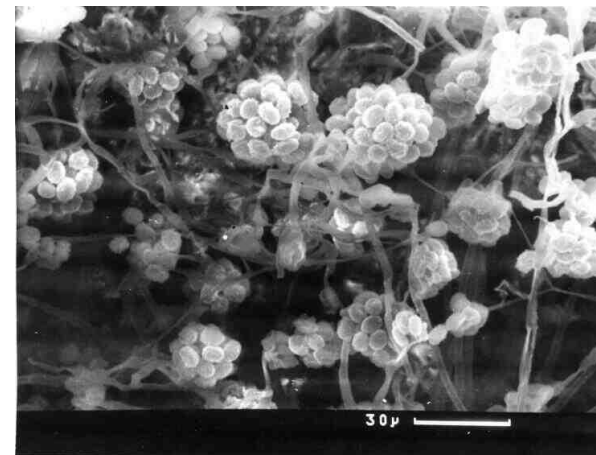
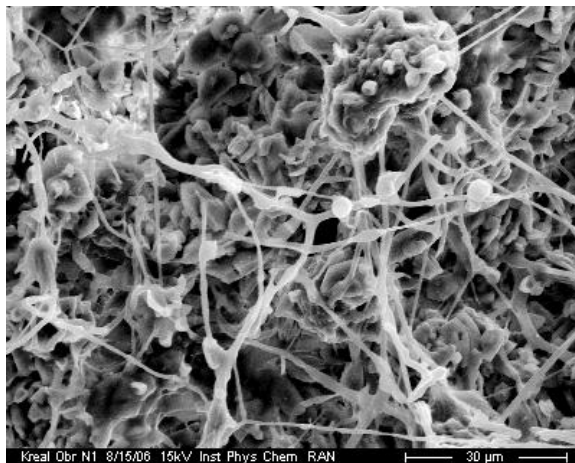
- Степень и вид увлажнения определяется на объекте с использованием приборов, а характер взаимодействия «материал – вода» определяется в лаборатории методами структурного физико-химического анализа на рентгеноспектральном микроанализаторе, электронном сканирующем микроскопе и дериватографе.
- Фазовый и химический состав, морфология, а так же микроструктурная химическая и геохимическая неоднородность и дефекты структуры (поры, микротрещины) следует определять, используя электронный сканирующий микроскоп, с приставками для рентгеноструктурного и химического микроанализа. Кристаллическая структура и фазовый состав определяется на основании расшифровки картины дифракции рентгеновских лучей в кристаллической решетке.
- Степень и вид загрязнения солями хлоридов – Cl<sup>-</sup>; сульфатов - SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, нитратов - NO<sub>3</sub> определяется на объекте с использованием специальных приборов и экспрессметодами для количественного и качественного анализа. Содержание других загрязнителей в пробах материала определяется в лаборатории с использованием электронного сканирующего микроскопа, с приставками для рентгеноструктурного и химического микроанализа.



Title: Marhi Obr N4 Bejeviy kamen Time: 5:09:49 PM Date: Fri, Aug 23 2013 Accelerating Voltage: 25 KV Take Off Angle: 30 Degrees



- Наличие микробиозагрязнителей рекомендуется определять по электронным микрофотографиям, при этом вид микробиотических структур, в том числе патогенных и условно патогенных грибов и бактерий, идентифицируют по каталогам «Определитель бактерий и грибов» (определитель патогенных и условно патогенных грибов. Д. Саттон и др. Из-во «Мир» 2001г, и Определитель бактерий БЕРДЖИ). Характеристику биопоражения в баллах (степени биологического загрязнения материала) следует оценивать в соответствии с действующими нормативными документами (ГОСТ 9. 048-9. 053-75).
- По результатам проведенных исследований составляется заключение, к которому должны быть приложены результаты приборных испытаний в виде распечаток таблиц и диаграмм с результатами химического анализа, фотографиями микроструктуры, рентгенограммами, дериватограммами и т.п. В заключение даются рекомендации по санации поврежденных конструкций, выбору превентивных и корректирующих мероприятий и материалов для реставрационных работ, подобранных по показателям совместимости.





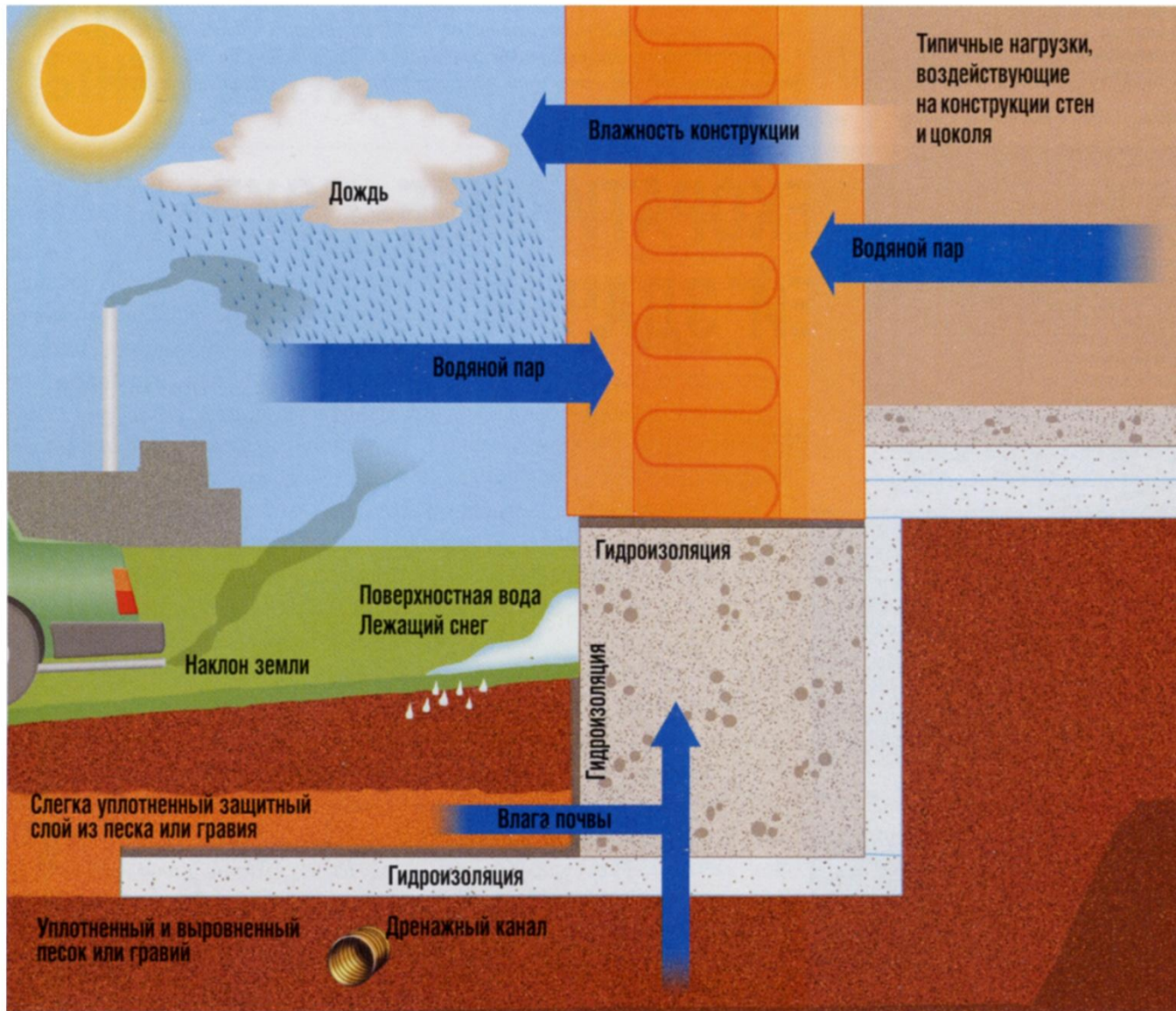


Схема основных нагрузок, воздействующих на стены и цоколь

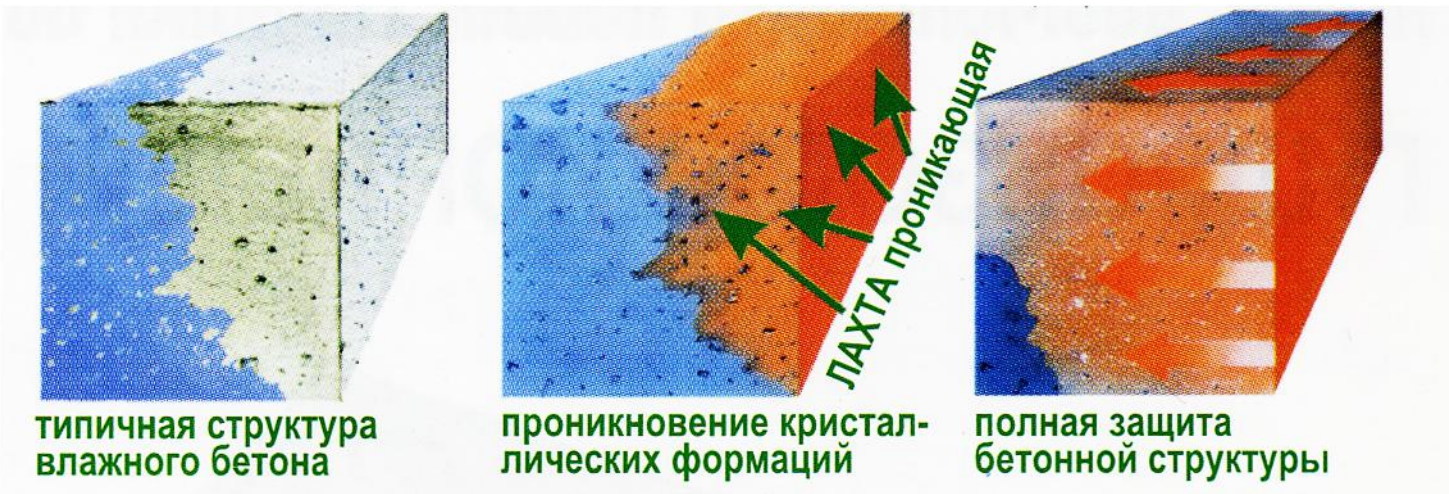


# Гидроизоляционные материалы

- **Проникающая гидроизоляция.**

Гидроизоляционный эффект достигается за счет заполнения пор обрабатываемого материала нерастворимыми в воде соединениями, образующимися в результате взаимодействия активных минеральных компонент состава с цементным камнем в присутствии воды.

Составы на основе цемента, кварцевого песка и специальных добавок



К гидроизоляционным материалам проникающего действия относятся два класса материалов – специальные гидроизоляционные покрытия и гидроактивные инъекционные растворы. Специальные гидроизоляционные покрытия внешне напоминают штукатурки. Однако от гидроизоляционных штукатурок их отличает присутствие в их составе специальных химически активных добавок. Под действием осмотических сил эти активные составляющие распространяются по порам бетона и его капиллярным трактам вглубь материала даже против высокого гидростатического давления. В процессе химических реакций с гидроокисью кальция они образуют нерастворимые кристаллы, полностью заполняющие пустоты, поры и микротрещины. Молекулы воды перестают проникать в поры, но в них остается достаточно места для обеспечения паро- и воздухопроницаемости, т.е. бетон сохраняет возможность “дышать”. Первоначально гидроизоляционные покрытия имеют толщину 2-3 мм и являются настолько высокопрочными, что одновременно защищают бетон и препятствуют вымыванию активных веществ даже при значительном напоре воды. Во время эксплуатации конструкции при возникновении нового контакта с молекулами воды химическая реакция возобновляется, и процесс уплотнения материала развивается в глубину конструкции.

•Применение пенетрирующих (от английского to penetrate - проникать) составов особо рекомендуется для внутренней гидроизоляции бетонных, железобетонных и других камневидных сооружений заглубленного или полузаглубленного типа при постоянной инфильтрации грунтовых вод: подвалов, гаражей, тоннелей, канализационных сооружений, бассейнов, плотин и т.п. Они позволяют проводить гидроизоляцию заглубленных помещений изнутри, без дорогостоящей наружной гидроизоляции. Могут наноситься как при новом строительстве, так и при ремонте, внутренних и наружных работах, в качестве добавки в бетон, для создания горизонтальных гидроизоляционных слоев в однородных плотных стенах. Такие составы обеспечивают полную непроницаемость для воды и других жидкостей при высоком давлении, морозостойки, долговечны, стойки к вымыванию, к агрессивным средам, к ультрафиолету, пожаро- и взрывобезопасны. Образуют единое целое с обрабатываемым материалом, обеспечивают заполнение пор на глубину до 150 мм. , пластичны, технологичны, экологически чисты, пригодны для обработки резервуаров питьевой воды. Поставляются в форме готовых сухих смесей.

- Технология применения пенетрирующих составов достаточно проста. Поверхности должны быть очищены до структурно прочного основания с открытием капиллярных пор. Рыхлый поверхностный слой старого бетона с нарушенной структурой, пыль, масла, цементные пленки должны быть удалены (с применением перфоратора, пескоструем, абразивной обработкой, вручную металлическими щетками). Масла удаляются растворителем или 10-30% раствором соляной кислоты. Швы кирпичной кладки, фундаментных блоков должны быть расшиты на глубину не менее 5 мм, оголенная арматура очищена до металлического блеска, стыки конструкций, швы и трещины расшиваются на глубину на 20x20 мм или более и заделываются цементным раствором с добавкой гидроизоляционной смеси. Заделываются протечки. Тщательно удаляется пыль и следы очистки. Обрабатываемая поверхность увлажняется чистой водой до насыщения, но без пленки воды и луж. Состав смешивается с водой в соответствии с рецептурой и тщательно перемешивается для получения однородного пластичного раствора. В дальнейшем его можно дополнительно перемешивать, но не добавлять воду. Нанесенный слой до готовности покрытия (2-3 суток) не подвергать механическим нагрузкам, на это же время не допускать высыхания слоя, увлажняя его.

# Гидроизоляционные материалы

- **Шовная гидроизоляция**

Применяется в местах сопряжения и швах монолитных бетонных (железобетонных) конструкциях. Материалы могут быть на резино-бентонитовой, либо акриловой основе; либо бентонита-натрия и бутил-каучука. Разбухают под действием воды. Не горючи, не токсичны, не имеют запаха. Диапазон рабочих температур от - 40°С до +70 °С. Обеспечивает водонепроницаемость при давлении воды 5атм.

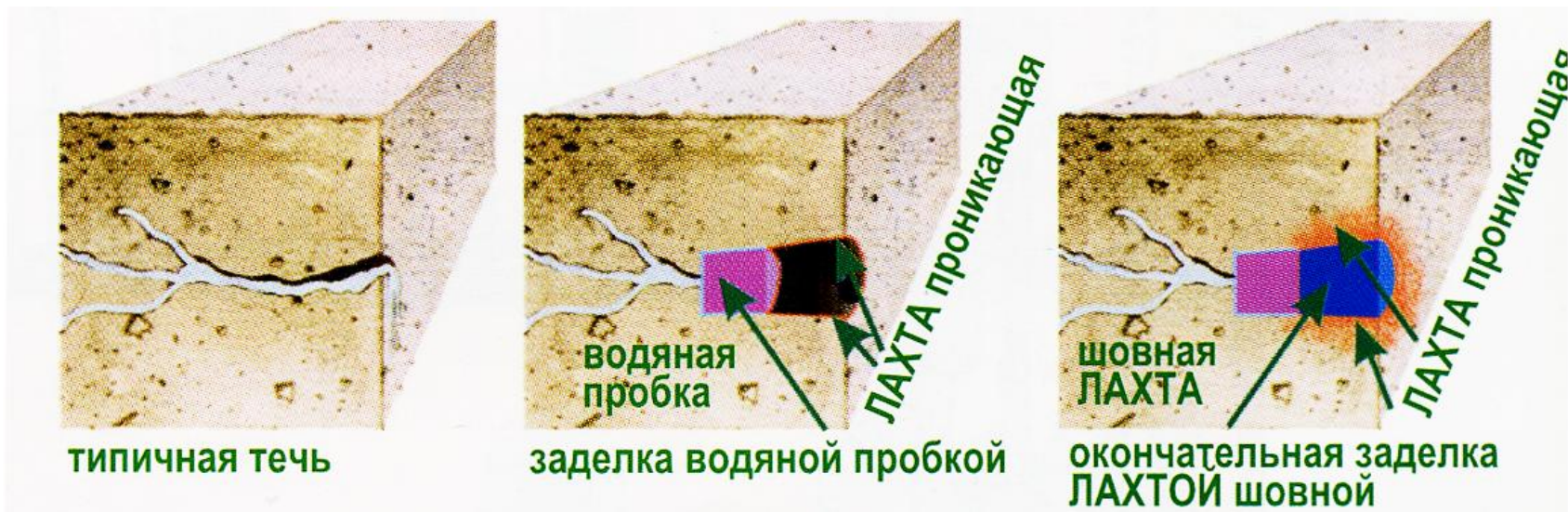




# Гидроизоляционные материалы

- **Гидропломба (водяная пробка)**

Применяются при оперативной ликвидации протечек в условиях постоянного водопритока (при давлении воды не более 4 атм.) в бетонных ж/бетонных конструкциях. Адгезия к бетону может достигать 1,5 МПа, прочность на сжатие 20 МПа. Цементно-полимерные композиции.



## Гидропломба (водяная пробка)

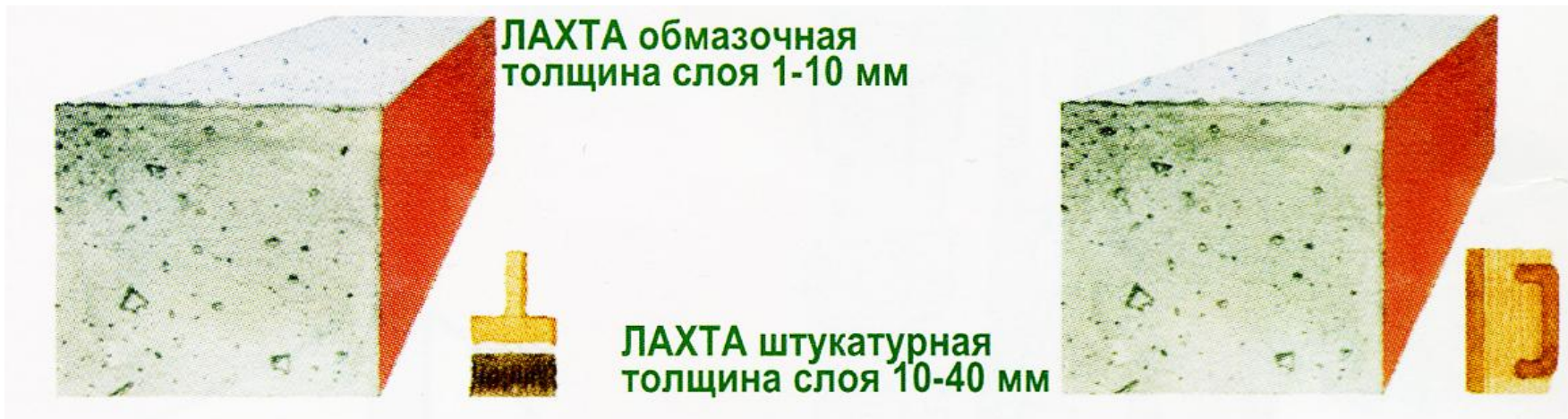
**Технология применения:** Очистить поверхность от пыли, грязи, мелких частиц, масел и жиров с помощью зубила, щетки, кисти, а также струей воды под высоким давлением. Локализовать протечки, расширить края и углубить отверстия до 2 см, перед нанесением раствора поверхности смочить водой без образования луж. Раствор смешать в количествах, строго соответствующих рецептуре. Не допускается добавлять наполнители, вяжущие, добавки или воду сверх рецептуры. Для смешения рекомендуется применять низкоскоростной миксер. Если из отверстия вода поступает под давлением, устанавливается дренажная трубка из ПВХ. После того как вода пойдет через дренаж, углубление вокруг трубки заполняется раствором. После затвердевания раствора трубка удаляется и отверстие заделывается окончательно.

# Гидроизоляционные материалы

- **Обмазочные гидроизолирующие составы**

Применяются для гидроизоляции и выравнивания поверхностей различных строительных конструкций, кирпичных, бетонных, ж/б.

Цементно-акриловые композиции, создающие гибкую эластичную мембрану. Адгезия к бетону может достигать 1,6 МПа, прочность на сжатие 20 МПа. Диапазон рабочих температур от - 40°С до +70°С





# Обмазочные гидроизолирующие составы

- **Технология применения:** поверхность очищается от масла, жира, грязи и мусора. Рекомендуется тщательная очистка с помощью воды под высоким давлением или с помощью пескоструйки.
- Гибкая цементная мембрана наносится в два слоя. Первый слой наносится на поверхность кистью, валиком. Твердение 1 слоя должно проходить не менее 6 часов. Второй слой наносится в направлении перпендикулярно первому. Поверхность защищается от воды и дождя в течение 6 часов.
- Гибкая цементная мембрана может быть армирована щелочестойкой сеткой, особенно в зонах швов, трещин, сопряжения вертикальных и горизонтальных поверхностей.

# Гидроизоляционные материалы для инъектирования



Инъектирование  
под высоким давлением

# Инъекцирование под высоким давлением

- Применяется для защиты конструкций от гидростатического давления (подтопления) для стабилизации прилегающего грунта.
- Используются акриловые и полиуретановые составы. Для достижения моментальных результатов (срочной остановки воды, а также для заполнения пустот в конструкции) используются водорастворимые полиуретановые смолы и пенополиуретан с замкнутой структурой. Наилучшие результаты в отдаленных сроках достигаются при применении водорастворимых акрилатных составов.
- Давление до 20 атм





# Инъектирование под высоким давлением

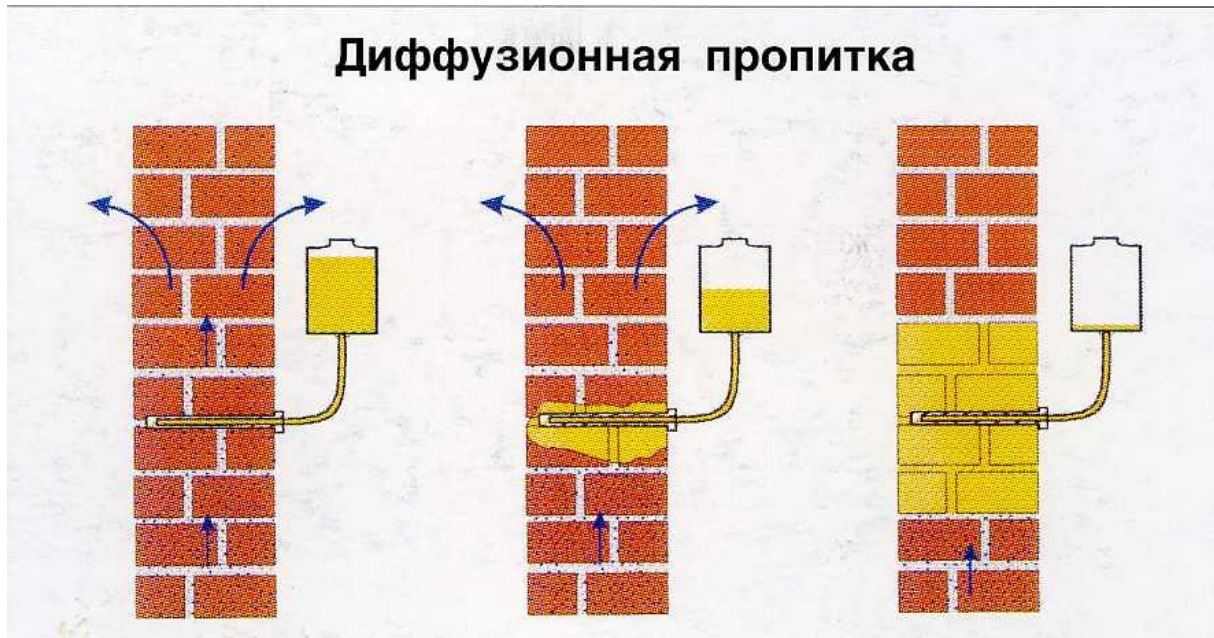
- Однокомпонентные полиуретановые жидкости с низкой вязкостью при контакте с водой вступают в химическую реакцию, приводящую к расширению раствора в объеме, с возрастанием при этом его внутреннего давления (до 30 бар). В результате раствор распространяется по конструкции, вытесняя воду и образуя внутри полостей водонепроницаемый полиуретановый наполнитель. Причем последний может быть как жестким, так и эластичным, в зависимости от вида применяемого материала. Время схватывания материала зависит от количества катализатора и температуры, и лежит в интервале 1-17 мин. Высокая технологичность метода, простота применяемого оборудования позволяет, особенно в сочетании с другими методами гидроизоляции, эффективно решать сложные задачи гидроизоляции.
- Технология применения: в кладке бурятся скважины (шурпы) в два ряда в шахматном порядке. Расстояние между двумя рядами 10-12 см. сверление осуществляется под углом 30°-40° буром диаметром от 12 до 32 мм. При бурении должно оставаться 5-7 см до противоположной поверхности стены. Стены толщиной свыше 50 см должны сверлиться с двух сторон.

# Гидроизоляционные материалы для инъектирования



**Инъектирование под низким давлением  
или диффузионная пропитка**

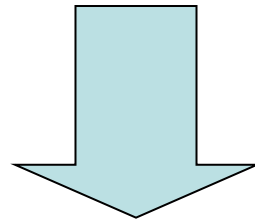
# Инъецирование под низким давлением



- Используется для защиты здания от поднимающейся влаги (капиллярного подсоса). Предусматривает насыщение конструкции раствором при низком давлении и используется для сужения и гидрофобизации капилляров в материалах конструкции. Составы состоят из силиконов и эфиров кремниевой кислоты.
- Система применяется горизонтально и вертикально. Расстояние между отверстиями 17-75 см, диаметр 14-25 мм.
- Глубина сверления на 5 см меньше толщины стены

# Санирующие штукатурки (СШ)

- 1985 г – впервые определены требования к системам СШ «Научно-техническим объединением по содержанию памятников и охране архитектурных сооружений» ВТА.



- санирующие штукатурки ВТА



# Назначение saniрующих штукатурок WTA

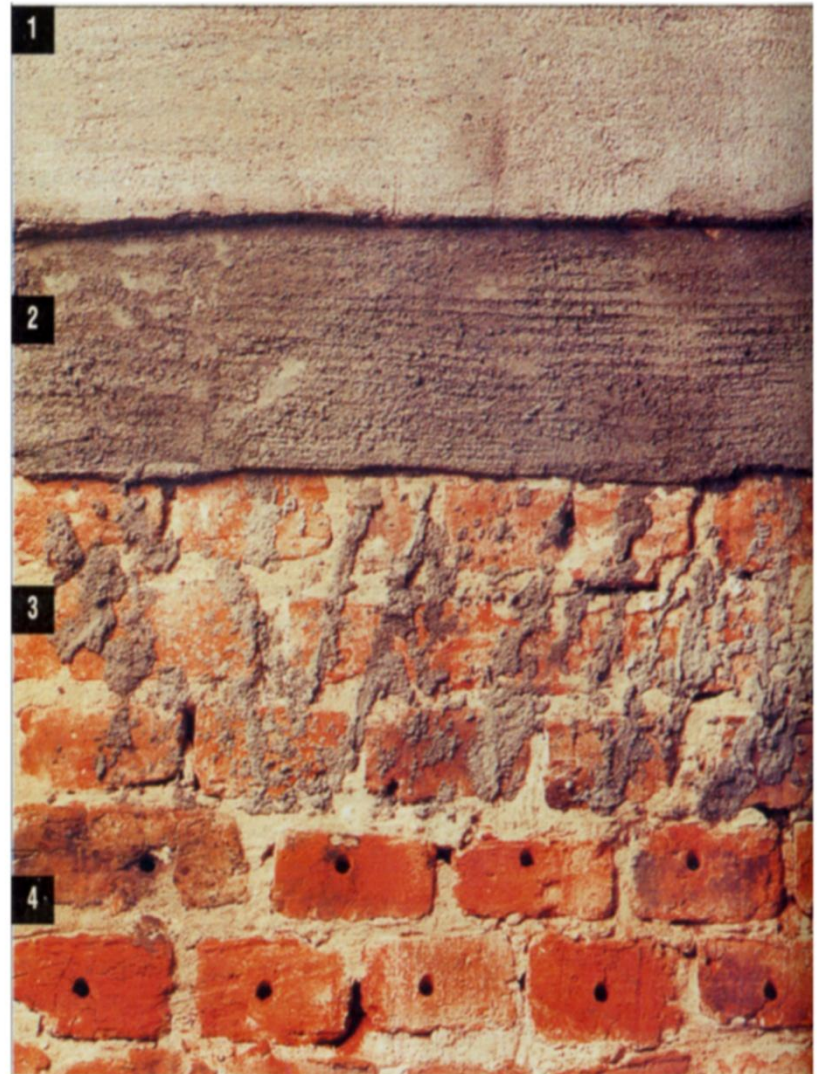
- Для осушения наружных поверхностей ограждающих конструкций путем нанесения на влажные солесодержащие каменные или кирпичные кладки, если климатические условия окружающей среды (влажность и температура) допускают их высыхание.
- Санирующие штукатурки обладают высокой паропроницаемостью и пористостью, однако имеют ограниченные капиллярную пористость и проницаемость. Благодаря этому, соли, поднимающиеся с капиллярной влагой, задерживаются в порах штукатурки и не выходят на поверхность ограждающих конструкций, а высокая паропроницаемость штукатурок создает благоприятные условия высыхания каменных и кирпичных кладок.



# Санирующие штукатурки WTA

(на примере системы *Ceresit*)

- Предварительная подготовка основания:
- *противогрибковая обработка (Ceresit СТ 99)*
- *Грунтовка (Ceresit СТ 17)*
- Нанесение полубрызга с добавкой (Ceresit СТ 81)
- Нанесение выравнивающей штукатурки (Ceresit CR 63)
- Нанесение санирующей штукатурки (Ceresit CR 62)
- Нанесение финишного покрытия



# Технология работ:

- **Подготовка основания** – поврежденную штукатурку удаляют до материала несущей стены на расстояние около 80 см во все стороны от краев видимых повреждений. Межкладочные швы расшивают на глубину 2 см. Механически удаляются остатки раствора, мусора и т.д. При наличии биопоражений кладка обрабатывается фунгицидным составом. Для укрепления поверхности кладки и связывания остатков пыли, поверхность грунтуют.
- **Нанесение полубрызга** – наносится тонким 0,5 см слоем, площадь покрытия не должна превышать 50%. Межкладочные швы не заполняются полубрызгом. Обеспечивает адгезию между основанием и saniрующей штукатуркой.
- В зависимости от степени засоленности выбирается нужная система штукатурок.
- Выравнивающая штукатурка служит для выравнивания больших неровностей и/или в качестве поглотителя соли.

## Технические характеристики выравнивающей и санирующей штукатурок

показатель	Единица измерен.	Требование WTA	Ceresit CR 63	Требование WTA	Ceresit CR 62
Теоретическая плотность	Кг/дм <sup>3</sup>		0,9	<1,4	0,8
Воздушная пористость смеси	Объемн .%	>20	~22	>25	~30
К-т сопротивления диффузии водяных паров, μ		<18	~8	<12	~8
Прочность на сжатие	Н/мм <sup>2</sup>	= >Ceresit CR 62	>9	<3	2-4
Капиллярное водопоглощение	Кг/м <sup>2</sup>	>0,3	0,5	>1,0	>1,0

## Выбор необходимой системы saniрующей штукатурки

Степень засоленности	Тип штукатурки рекомендуемые материалы Ceresit	Толщина слоя, см
низкая	1.Полуобрызг (Ceresit CR 62 или Ceresit CR 63 или цементно-песчаная смесь с добавкой Ceresit CC 81)	0,5
	2.Санирующая штукатурка WTA (Ceresit CR 62 или Ceresit CR 63) или штукатурка из цементно-песчаной смеси с добавкой Ceresit CO 84	1,0 2,0
средняя	1.Полуобрызг (Ceresit CR 62 или Ceresit CR 63 или цементно-песчаная смесь с добавкой Ceresit CC 81)	0,5
	2.Санирующая штукатурка WTA (Ceresit CR 62) или выравнивающая штукатурка (Ceresit CR 63)	~2,0
высокая	1.Полуобрызг (Ceresit CR 62 или Ceresit CR 63 или цементно-песчаная смесь с добавкой Ceresit CC 81)	0,5
	2. Выравнивающая штукатурка WTA(Ceresit CR 63)	1,0
	3.Санирующая штукатурка WTA (Ceresit CR 62)	2,0

# Histolith® Trass-Sanierputzsystem

## Санирующая штукатурная система WTA с суевит-трассом

- **Область применения:**
- Histolith® Trass-Sanierputzsystem применяется для кирпичной кладки с влажной и солевой нагрузкой, для наружных и внутренних поверхностей. За счет большого объема пор собираются вредные для строения соли. Таким образом, на влажной кирпичной кладке можно достичь сухой поверхности без выцветов, если климат позволит поверхности высохнуть.



# Histolith® Trass-Sanierputzsystem

## Санирующая штукатурная система WTA с суевит-трассом

- **Составляющие элементы системы:**
- *Histolith® Trass-Vorspritzputz:*
- Предварительная штукатурка в качестве «адгезионного моста» на кирпичной кладке.
- *Histolith® Trass-Porengrundputz:*
- Грунтовочная штукатурка / сохраняющая от высолов штукатурка, выравнивающая штукатурка для сильно неровной кирпичной кладки.
- *Histolith® Trass-Sanierputz:*
- Санирующая штукатурка для получения сухой поверхности.
- *Histolith® Feinputz:*
- Выравнивающая шпаклевка для получения лицевой поверхности.

Степень солевых отложений	Структура системы	Толщина слоя / мм
От низкой до средней	1. Histolith® Trass-Vorspritzputz	2 - 4
	2. Histolith® Trass-Sanierputz	> 10
	3. Histolith® Trass-Sanierputz	> 10
Высокая	1. Histolith® Trass-Vorspritzputz	2 - 4
	2. Histolith® Trass-Porengrundputz	> 10
	3. Histolith® Trass-Sanierputz	> 15

На обе структуры дополнительно может наноситься Histolith® Feinputz. При общей толщине штукатурного слоя более 30 мм в качестве грунтовочной штукатурки для выравнивания кирпичной кладки применяется Histolith® Trass- Porengrundputz.

Степень солевых отложений:  
Степень солевых отложений подложки определяется по  
инструкции WTA 2-9-04/D.

<b>Степень солевых отложений</b>	<b>Низкая</b>	<b>Средняя</b>	<b>Высокая</b>
сульфатные соли	<0,5%	0,5-1,5%	> 1,5%
хлоридные соли	<0,2%	0,2-0,5%	> 0,5%
нитратные	<0,1%	0,1-0,3%	> 0,3%



# Технические характеристики системы

	Histolith® Trass- Vorspritz-putz	Histolith® Trass-Poren- grundputz	Histolith® Trass-Sanier- putz	Histolith® Feinputz
Прочность на сжатие, Н/мм <sup>2</sup>	~10,0	~5,0	~2,5	~1,5
К-т сопротивления диффузии водяных паров, $\mu$		7,8	8,9	8,5
Проникновение воды, мм	>5	>5	<5	-
Максимальная величина зерна, мм	2,0	1,3	1,3	0,5
Цветовой тон	серый	серый	серый	Старо-белый

# Физико-химические технологии консервации и укрепления каменных конструкций

- **СПЭ** — свободная поверхностная энергия твердого тела (электромагнитная и электромолекулярная природа)
- **СПЭ** твердого тела уменьшается во времени и в пространстве, расходуясь на : 1-притяжение и удержание на поверхности твердого тела минеральных частиц контактного слоя окруж. среды.  
2-протекание химических реакций между материалом твердого тела и частицам окружающей среды.
- Характер и интенсивность протекания этих реакций определяет течение эрозионных процессов твердых материалов

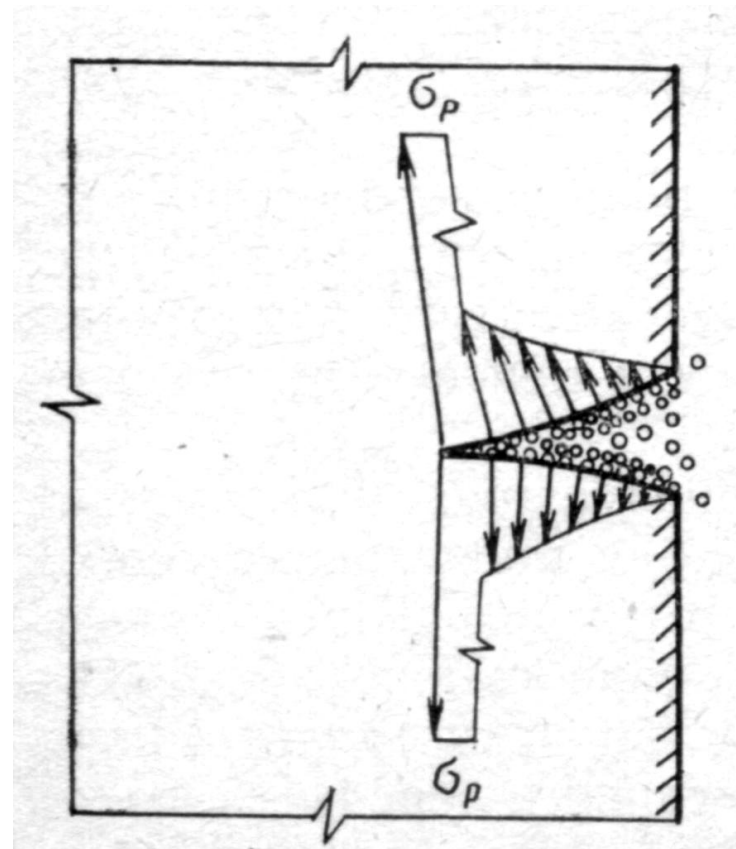
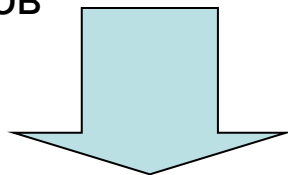
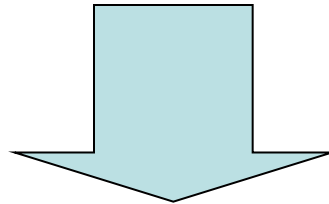


Схема расклинивающего действия молекул воды

- **Консервация деформированных каменных материалов строительных конструкций может эффективно проводится только:**

1. При условии удаления отклоненных материальных частиц поверхности разрыва
2. При упрочнении структурно ослабленного поверхностного слоя каменного материала



- Специальная подготовка поверхности каменных материалов, восстанавливающая ее физико-химическую активность и технология приготовления раствора, обладающего большей величиной СПЭ заполнителей, адекватной поверхностной энергии каменного материала. Регулирование состояния влажности каменных материалов и раствора

# Физико-химические технологии консервации и укрепления каменных конструкций

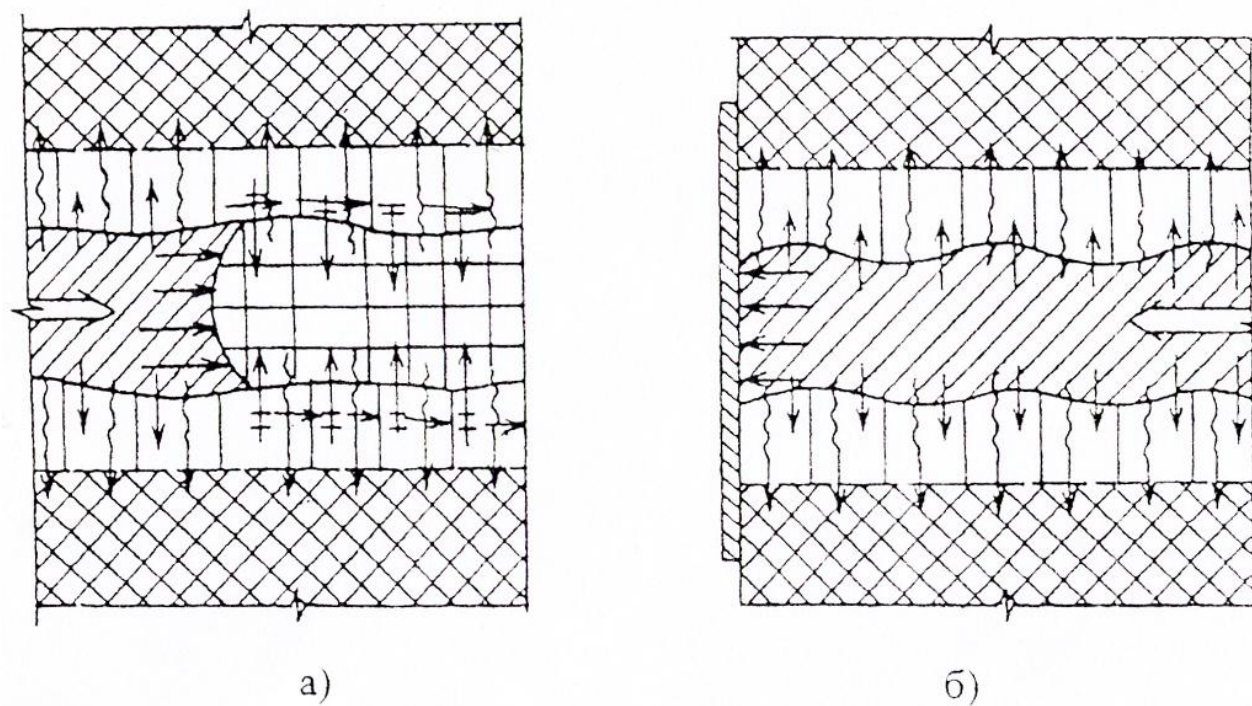


Схема адгезии раствора в трещине каменного материала:

а - по традиционной технологии; б - по физико-химической технологии

# Традиционные технологии консервации и укрепления каменных конструкций

- При традиционной технологии укрепления каменных конструкций часто происходят следующие процессы. Инъекционный раствор вводится в трещину каменного материала со стенками, поверхностный слой которых деструктирован и имеет малую влажность. Рыхлая структура поверхностного слоя начинает интенсивно поглощать молекулы воды из раствора, для формирования адсорбционных оболочек своих минеральных частиц. Это активизирует процесс деструкции поверхностного слоя стенок каменного материала за счет расклинивающего действия водных молекул. С другой стороны инъекционный раствор не набирает требуемой прочности из-за интенсивной миграции влаги в поверхностные слои трещины. В результате формируется недостаточно прочное тело и происходит его отслоение от каменного материала

## Физико-химические технологии консервации и укрепления каменных конструкций

- Удаление поверхностных деструктивных слоев трещин каменных материалов продувкой сжатым воздухом под давлением 0,2-0,8 Мпа
- Инъектирование известковой или иной аэрозоли, которая проникает в деструктированный поверхностный слой, заполняет пористое тело частицами извести и создаются дополнительные структурные связи, закрепляющие поверхностный слой.
- Инъектирование раствора под давлением. Адгезия происходит на закрепленном поверхностном слое. Происходит нормальный процесс структурообразования, повышение прочности конструкции.

# Физико-химические технологии изготовления известково-песчаных растворов

- В основу технологии положен принцип повышения поверхностной энергии минерального заполнителя (песка) за счет увеличения поверхности взаимодействия минерального заполнителя с известковым вяжущим. Песок измельчают до величины удельной поверхности 8500-9000 см<sup>2</sup>/г, что обеспечивает рост прочности известково-песчаного раствора, за счет повышенной реакционной способности вновь образованных незапыленных граней частиц песка.
- Технология заключается в следующем: в обожженную известь добавляется вода с суперпластификатором С-3 (воды 12-13 мас % от массы извести, суперпластификатора 1%). Полученное тесто складывается в яму и засыпается слоем песка, в таком состоянии оно может храниться десятки лет. По необходимости к порции извести добавляется тонкоизмельченный песок и перемешивается в растворомешалке без дополнительного количества воды до тех пор, пока раствор будет представлять эластичную массу.



## Физико-химические технологии изготовления известково-песчаных растворов.

№	Композиционный состав	Содержание компонентов %	Консистенция раствора	Rизг МПа	Rсж МПа
1	Известь гашеная Ca(OH) <sub>2</sub> Песок молотый 8000-9000 см <sup>2</sup> /г Вода	35 53 13	Тесто пластично-вязкое	3,8	25,2
2	Известь гашеная Ca(OH) <sub>2</sub> Песок молотый 8000-9000 см <sup>2</sup> /г Вода	43 43 14	Тесто пластичное	4,0	26,0
3	Известь гашеная Ca(OH) <sub>2</sub> Песок молотый 8000-9000 см <sup>2</sup> /г Вода	18,4 20,4 61,2	Тесто очень пластичное	1,5	7,8

# Применение модифицированных известково-песчаных растворов (МИПР)

## Домазочный МИПР

- Известь гашеная – 30-40%
- Песок молотый – 45-55%
- Вода – 15-18%
- После нанесения домазочного состава поверхность покрывается полиэтиленовой пленкой и мягко прижимается опалубочной накладкой. После набора прочности защищается и покрывается гидрофобизатором

## МИПР для получения искусственного белого камня

- Известь гашеная – 43-50%
- Песок молотый – 40-45%
- Вода – 10-13%
- Твердение формуемых элементов при  $t$  18-20°C, распалубка при наборе прочности не менее 75%