

сведений. Фотографиям присваивается имя с шифром соответствующего захоронения.

После завершения полевых работ выполняются камеральные работы. Все записи оцифровываются и систематизируются.

В настоящее время по итогам полевых работ на Гарнизонном и Католическом некрополях ведутся камеральные работы. Также планируется сбор документов для внесения Католического кладбища в список историко-культурного наследия и внесения захоронений в общую базу данных.

Работа по изучению, фиксации и сохранению городских некрополей позволит открыть новую страницу в истории города, обогатит его культурную составляющую.

УДК 691

**Н. В. ЛЕВЧУК**

Беларусь, Брест, БрГТУ

## **ПРОЦЕССЫ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ СОЛЕЙ В СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛАХ**

Внешние факторы, такие как изменение температуры, влажности, химического состава окружающей среды, способствуют разрушению как относительно новых строительных объектов, так и памятников архитектуры, имеющих историко-культурное значение. Кроме атмосферных воздействий на разрушение инженерно-строительных объектов различного временного периода оказывает влияние отсутствие ремонтно-эксплуатационных работ: восстановление кровли зданий, забитые водосточные трубы, поврежденные водопроводы, отсутствие дренажных систем, несвоевременное включение отопления, вызывающее конденсацию влаги внутри помещений и другие.

Все эти факторы являются причиной разрушения строительных сооружений различного назначения. Избыточная влага, как основной разрушающий фактор внешних воздействий, способствует процессам кристаллизации и гидратации солей в поровом пространстве твердой структуры строительного материала. Природные и искусственные строительные материалы в зависимости от происхождения, химического состава и структуры в различной степени способны впитывать воду. Попеременное увлажнение и высыхание способствует ускоренному образованию кристаллов и их перекристаллизации в той части материалов, которая подвержена такому воздействию.

Содержание влаги в строительном материале объекта зависит от эксплуатации здания и метеоусловий, внутри и снаружи соответственно. Проникающая в глубину строительного материала влага одновременно с кислотными оксидами способствует превращению нерастворимых минералов в растворимые или малорастворимые, которые вымываются атмосферными осадками, грунтовыми водами или накапливаются в поровом пространстве, переходя из концентрированного раствора в твердую фазу. Твердые новообразования, заполняя поровое пространство, создают кристаллизационное давление, которое зависит от их способности поглощать или отдавать воду, а следовательно,

перекристаллизовываться. Таким образом увеличивается нагрузка на стенки пор и капилляров, появляются трещины, и в конечном итоге материал разрушается. Отсюда следует, что наиболее разрушающее действие кристаллизационного давления возникает в строительных материалах с высокой долей тонких пор, которые быстро заполняются новообразованиями.

Так, например, при кристаллизации гипса при некоторой концентрации развивается давление  $28 \text{ Н/мм}^2$ , при гидратации гипса развивается давление  $200 \text{ Н/мм}^2$ , из водного раствора сульфата натрия до  $32,4^\circ \text{ С}$  выкристаллизовывается водосодержащий мирабилит ( $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ). В присутствии других растворенных ионов безводный сульфат натрия может образовываться уже при температуре  $15^\circ \text{ С}$  [1]. Такая перекристаллизация приводит к изменению объемов новообразований и циклически повторяющемуся воздействию кристаллизационного давления на стенки пор материала, в результате чего материал разрушается.

Строительных материалов, не имеющих поровую структуру или состоящих только из нерастворимых соединений, в природе не существует; строительных объектов, не подвергающихся воздействию факторов окружающей среды, в настоящее время нет. Поэтому процесс получения новых материалов, способных сохранять структуру, выполнять свои функциональные задачи и оставаться устойчивыми к воздействию постоянно изменяющейся во времени окружающей среды, требует глубокого изучения физико-химических условий формирования структуры самого материала.

Следует подробно рассмотреть процессы твердения и кристаллизации строительных материалов. Как правило, под кристаллизацией из растворов понимают рост кристалла соединения, химический состав которого заметно отличается от химического состава исходной жидкой фазы, представляющей собой пересыщенный раствор. Пересыщение растворов может происходить как при понижении, так и повышении температур. Пересыщение  $\Delta C$  – степень отклонения системы от равновесного состояния.

С одной стороны, процессы твердения строительных материалов обусловлены формированием твердых кристаллических структур, которые зависят от природы и химического состава веществ и вступающих в химическое взаимодействие при относительно постоянной температуре.

С другой стороны, процессы кристаллизации, происходящие в поровом пространстве в условиях переменных температур, переменной влажности зависят от образования пересыщенных растворов в полости пор. По характеру растворимости в воде в зависимости от температуры большинство соединений можно разделить на две группы. Первая группа включает соли, растворимость которых возрастает с увеличением температуры (нитраты, галогениды щелочных металлов, большинство щелочей, кислот). Среди систем второго типа с участием  $\text{H}_2\text{O}$  наиболее характерны системы, содержащие  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{NaF}$ ,  $\text{K}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{CaMoO}_4$ . Растворимость этих соединений в воде с повышением температуры убывает и низка вблизи критической температуры воды. К соединениям этого типа относятся многие вещества, хорошо растворимые в воде при комнатной температуре, но имеющие отрицательный температурный коэффициент растворимости, и вещества, слабо растворимые в воде как при комнатной, так и при более высоких температурах (окислы и соли тугоплавких металлов, сульфиды, силикаты и др.).

По принципу образования пересыщенных растворов, характерных для кристаллизационных процессов в строительном материале, кристаллизацию можно разделить на несколько групп:

1. Кристаллизация за счет изменения температуры раствора, связанная с перепадом температур в растворе, а также кристаллизация при постоянном объеме, при общем снижении или подъеме температуры.

2. Кристаллизация за счет изменения состава раствора (испарение растворителя).

3. Кристаллизация при химической реакции.

Рассмотрим процесс кристаллизации, происходящий при изменении температуры. В таком процессе пересыщение создается постепенным понижением температуры во всем объеме за весь период роста. Температура и пересыщение – это параметры, определяющие скорость кристаллизации. Кристаллизация при химической реакции основана на выделении твердых продуктов в процессе взаимодействия растворенных компонентов. Например, при затворении цементно-песчаного раствора происходят реакции, протекающие с достаточно большой скоростью, в результате чего создается очень высокое пересыщение, которое обуславливает образование и массовое выделение мелких кристаллов, формирующих скелет бетона.

Природная кристаллизация из низкотемпературных водных растворов распространена довольно широко. Это образования эвапоритов (самоосадочных солей). Из низкотемпературных растворов образуются гипергенные минералы – малахит, гипс, варит оксиды и гидроксиды железа [1].

Подобные процессы протекают в порах строительных материалов в зимний период года, когда температура воздуха постепенно снижается, приближаясь к нулю, и кристаллизация солей, имеющих отрицательный температурный коэффициент, усиливается. Поскольку влага в большинстве случаев, попадает на поверхность материала в виде атмосферных осадков, образуя увлажненный слой, процессы растворения и формирования зародышей кристаллов происходят в этом слое. Тем самым создаются условия для кристаллизации при конвекционной конвекции, так как в этом случае образуются две зоны с различной плотностью насыщенного и ненасыщенного раствора, при этом температура в увлажненной области материала отличается от температуры внутренней части материала.

Продукты процессов кристаллизации солей мы наблюдаем на фасадах различных объектов в виде изменений окраски, образования налетов или наслоений, отколов или промокания штукатурки. Первым признакам коррозии материала, в виде высолов на поверхности, не сразу уделяется внимание. Однако, в результате массообмена, периодического увлажнения поверхности, перепада температур, внешние признаки коррозии материала являются показателями глубинных коррозионных процессов, усложняющих ремонт, реконструкцию и реставрационные работы объектов историко-культурного назначения.

Исследования процессов кристаллизации, условия формирования кристаллов, изучение химического состава новообразований на поверхности материала могут повлиять на выбор метода обработки материала. Поскольку защитные материалы, такие как композитные штукатурные системы, saniрующие штукатурки, полимерные гидроизоляционные материалы, являются твердеющими на воздухе системами, необходимо учитывать не только химический состав,

но и климатические характеристики местности, такие как температура и влажность воздуха, периодичность выпадения атмосферных осадков, влияние отрицательных температур.

Таким образом, влияние внешних факторов, способствующих процессам кристаллизации и перекристаллизации солей, формированию новообразований можно предотвратить, используя новые saniрующие составы, обладающие гидрофобизирующими свойствами. Объекты архитектурных ценностей нуждаются в качественной реставрации и научно-обоснованном выборе защитных материалов.

#### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Фресель, Ф. Ремонт влажных и поврежденных солями строительных сооружений // Фресель Френк. – М. : ООО «Пэйнт-Медиа», 2006. – 320 с.

УДК 626.81

**О. П. МЕШИК**

Беларусь, Брест, БрГТУ

#### **ИСТОРИЯ СОЗДАНИЯ И ОПЫТ ЭКСПЛУАТАЦИИ ДНЕПРОВСКО-БУГСКОГО КАНАЛА**

Есть на территории Белорусского Полесья водная артерия, созданная руками человека – Днепро-Бугский канал, история которого заходит далеко в прошлое. В древности основные перемещения грузов осуществлялись по рекам, однако попасть из бассейна одной реки в бассейн другой было проблематично. Приходилось волоком преодолевать большие расстояния, что существенно сказывалось на становлении экономических отношений в прошлом, ввиду больших трат времени, да и самое главное – тяжелейший физический труд забрал не одну жизнь крепостных крестьян. Свыше 70 верст земного пути отделяло бассейн Днепра от бассейна Западного Буга. И вот, в 1766 году, по заданию польского правительства геодезистом-картографом Ф. Ф. Чаки был разработан первый проект Днепро-Бугского канала, основное предназначение которого было – сплав леса на Запад.

Работы по сооружению канала были начаты в 1775 году и продолжались 9 лет. Курировал стройку польский король Станислав Август Понятовский, во времена которого было много сделано для обеспечения судоходства между отдельными фольварками. К 1783 году был прорыт соединительный канал между Пиной и Мухавцем, от поселка Переруб (Ивановский район) до поселка Выгода (Кобринский район), также были спрямлены наиболее извилистые участки вышеназванных рек. В честь короля канал был так и назван – Королевским. Ныне участок канала в районе Кобрина сохранился под прежним названием. Первоначально Королевский канал использовался в основном для сплава леса. Но уже в 1784 году Пинским подстаростой, владельцем фольварка «Крестиново» (д. Лопатино на реке Стырь) М. Бутримовичем доставлялись товары по Королевскому каналу из Пинска в Варшаву. При посещении фольварка «Крестиново» в 1784 году Станислав Август Понятовский был так потрясен