

УДК 691.3

ДОЛГОВЕЧНОСТЬ ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ. ОСНОВНЫЕ ВИДЫ КОРРОЗИИ



DURABILITY OF CEMENT STONE. THE MAIN TYPES OF CORROSION

Балунец Дарья Кирилловна

студентка факультета гидромелиорации,
Кубанский государственный аграрный университет
имени И.Т. Трубилина
darya.balunets@gmail.com

Balunets Darya Kirillovna

Student of the Faculty of Hydromelioration,
Kuban State Agrarian University
named after I.T. Trubilin
darya.balunets@gmail.com

Аннотация. Значительное увеличение промышленного воздействия на экосистему, связанное с урбанизацией, делает необходимым мониторинг и контроль процесса с точки зрения вредного воздействия производства на окружающую среду, а также деградации зданий и сооружений в результате воздействия различных факторов.

Annotation. A significant increase in the industrial impact on the ecosystem associated with urbanization makes it necessary to monitor and control the process in terms of the harmful effects of production on the environment, as well as the degradation of buildings and structures as a result of the impact of various factors.

Ключевые слова: коррозия, сооружения, износ зданий, воздухоустойкость, морозостойкость.

Keywords: corrosion, structures, wear of buildings, air resistance, frost resistance.

Значительное увеличение промышленного воздействия на экосистему, связанное с урбанизацией, делает необходимым мониторинг и контроль процесса с точки зрения вредного воздействия производства на окружающую среду, а также деградации зданий и сооружений в результате воздействия различных факторов.

Коррозия строительных материалов, в окружении которых человек проводит до 80 % своей жизни, является одной из главных проблем в условиях глобализации технологического развития. Это в первую очередь в связи с увеличением количества промышленных предприятий; частым пренебрежением строительными нормами и правилами в процессе гидроизоляции определенных частей зданий и сооружений; отсутствием надлежащей вентиляции [1]. Биологическая коррозия – это вид воздействия, который воздействует практически на все возможные строительные объекты. В то же время очевидно, что в случае сельскохозяйственных предприятий проблема структурной деградации в результате жизнедеятельности живых организмов стоит особенно остро, поскольку она усугубляется ежегодным увеличением количества фермерских хозяйств и производственные мощности, а также количество различных животноводческих ферм.

В настоящее время проблема биологического износа зданий и сооружений предприятий агропромышленного комплекса решается с помощью санитарно-профилактических мероприятий. Этот процесс охватывает целый комплекс мероприятий по восстановлению зданий, в частности, дезинфекцию, дезинсекцию и обезвоживание, уборку территории вокруг предприятия, а также профилактическую обработку оборудования. Меры по дезинфекции помещений заранее запланирована инженерами зоопарка в соответствии с технологической картой перемещения скота.

Несмотря на существующее разнообразие методов борьбы с патогенной микрофлорой (физические, механические, химические, биологические, а также смешанные), наиболее широко используются химические методы. Они включают в себя применение веществ различного состава, оказывающих губительное воздействие на патогенные микроорганизмы.

Необходимо отметить, что применение химических методов борьбы, несмотря на очевидные преимущества (практически полное уничтожение патогенной микрофлоры), сопряжено со значительными недостатками, поскольку частое поверхностное обработка конструктивных элементов зданий и сооружений едкими веществами приводит к их деградации вследствие разрушения под воздействием агрессивных кислот, выще-

лачивания растворимых веществ. В результате это приводит к образованию дополнительной пористости материалов, микротрещин и развитию различных микроорганизмов на поверхности [2].

Соблюдение высококачественных санитарно-профилактических мероприятий является важной частью технологического процесса для эффективного функционирования животноводства, птицеводства, птицеводческой отрасли и растениеводства предприятия. Опыт эксплуатации предприятий такого типа, характеризующихся разнообразием технологических особенностей производства, показал, что существующий комплекс мер по поддержанию чистоты зданий не обеспечивает необходимой степени стерильности, позволяющей надежно (в адекватной мере) предотвращение «биологической усталости» материалов и конструкций [3].

Разрушение конструкций, изготовленных с применением цемента (бетонные, железобетонные, строительные растворы) обычно начинаются с разрушения цементного камня, стойкость которого, как правило, ниже стойкости заполнителей.

Разрушение может происходить под влиянием:

1. Физических явлений (насыщения водой, попеременного замораживания и оттаивания, увлажнения и высыхания и т.п.);
2. Химического взаимодействия цементного камня с агрессивными веществами, содержащимися в воде или в воздухе (магнезиальная и другие виды коррозии).

При выборе вида цемента для конкретного сооружения необходимо учитывать требования по морозостойкости, воздухоустойкости и химической стойкости.

Морозостойкость цементного камня определяется не общей, а капиллярной его пористостью, поскольку вода, содержащаяся в порах цементного геля, не переходит в лед даже при сильных морозах. Уменьшение объема капиллярных пор резко повышает морозостойкость.

Воздухоустойкость – способность цементного камня сохранять прочность в сухих условиях при сильном нагреве солнечными лучами, а также в условиях попеременного увлажнения и высыхания. Требование по воздухоустойкости ограничивает применение цементов с активными минеральными добавками осадочного происхождения для надземных конструкций, работающих в сухих условиях.

Коррозия может происходить под действием мягкой воды, растворов кислот, некоторых солей и кислых газов на составные части цементного камня, главным образом на $\text{Ca}(\text{OH})_2$ и $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$. Встречающиеся на практике коррозии можно разделить на 3 вида:

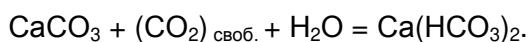
- 1 – выщелачивание $\text{Ca}(\text{OH})_2$;
- 2 – образование легко растворимых солей при воздействии на $\text{Ca}(\text{OH})_2$ веществ, находящихся в окружающей среде;
- 3 – образование в цементном камне соединений, увеличивающихся в объеме.

Коррозия первого вида заключается в растворении и вымывании (выщелачивании) $\text{Ca}(\text{OH})_2$ при действии на цементный камень мягких вод, содержащих мало растворенных веществ (дождевая вода, вода горных рек, а также равнинных рек в пойме, болотная вода и т.п.). Вымывание $\text{Ca}(\text{OH})_2$ приводит к разложению гидросиликатов и гидроалюминатов кальция и увеличению пористости. Потеря цементным камнем 15–30 % $\text{Ca}(\text{OH})_2$ понижает его прочность на 40–50 % и более. Выщелачивание можно заметить по появлению белых пятен (подтеков) на поверхности бетона. Наличие градиента давления воды на сооружение ускоряет процесс выщелачивания.

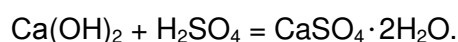
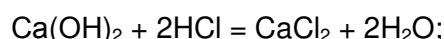
Для ослабления коррозии выщелачивания ограничивают содержание C_3S до 50 %. Главным средством борьбы с выщелачиванием является введение в цемент активных минеральных добавок и применение плотного бетона. Положительно сказывается выдерживание на воздухе 2–3 месяца бетонных свай, блоков и других элементов с целью образования на их поверхности защитного слоя из малорастворимого CaCO_3 (происходит реакция $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{CaCO}_3$).

Коррозия второго вида может происходить в различных формах:

- Углекислотная коррозия развивается при действии на цементный камень воды, содержащей свободный CO_2 , разрушающий CaCO_3 с образованием легко растворимого бикарбоната кальция $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$:



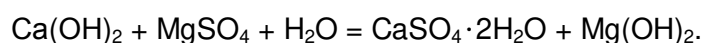
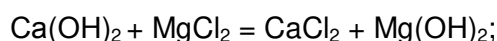
- Общекислотная коррозия происходит при взаимодействии растворов, имеющих $\text{pH} < 7$ (почти все кислоты за исключением поликремневой и кремнефтористоводородной) с $\text{Ca}(\text{OH})_2$ с образованием легко растворимых солей (CaCl_2 , гипс $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ и др.):



Свободные кислоты часто встречаются в сточных водах, а также образуются из кислых газов в выбросах промышленных предприятий.

Бетон из портландцемента защищают от непосредственного воздействия кислот при помощи слоев из кислотоупорного цемента.

- Магнезиальная коррозия наступает при воздействии на $\text{Ca}(\text{OH})_2$ магнезиальных солей, которые встречаются в растворенном виде в грунтовых водах и морской воде:



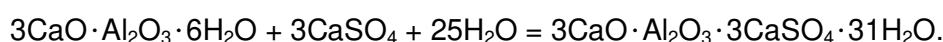
В результате этих реакций образуется растворимая соль, легко вымываемая из бетона.

- Воздействие органических кислот. Органические кислоты быстро разрушают цементный камень. Большой агрессивностью отличаются уксусная, молочная и винная кислоты. Так же вредны жирные кислоты (олеиновая, стеариновая и др.) и масла, содержащие кислоты (льняное, хлопковое, рыбий жир). Нефть и нефтепродукты (керосин, бензин, мазут и др.) не представляют опасности для бетона из портландцемента, если они не содержат нафтеновых кислот или соединений серы. Однако надо учитывать, что нефтепродукты легко проникают через бетон.

- Воздействие минеральных удобрений. Особенно вредны аммиачные удобрения – аммиачная селитра и сульфат аммония, которые действуют на $\text{Ca}(\text{OH})_2$ с образованием хорошо растворимого нитрата кальция. Из фосфорных удобрений агрессивен суперфосфат.

Коррозия третьего вида возникает при действии на бетон растворов сульфатов и едких щелочей.

- Сульфоалюминатная коррозия (разновидность сульфатной коррозии) происходит при действии на гидроалюминат цементного камня морской воды, грунтовых и других минерализованных вод, содержащих сульфатные ионы:



Кристаллизация образующегося в результате реакции минерала этtringита сопровождается увеличением объема в несколько раз, что может вызвать разрушение затвердевшего цементного камня. Для борьбы с этим видом коррозии используют специальные сульфатостойкие портландцементы, применяемые в плотном бетоне.

- Щелочная коррозия может происходить в двух формах: под действием концентрированных растворов щелочей на цементный камень и под влиянием щелочей, имеющихся в клинкере цемента.

При действии растворов щелочей (NaOH , KOH) может происходить карбонизация щелочи в порах цементного камня за счет воздействия CO_2 воздуха. Возникающее кристаллизационное давление разрушает структуру цементного камня.

Коррозия, вызываемая щелочами цемента, происходит вследствие процессов, протекающих внутри бетона между его компонентами. Цементный клинкер содержит щелочные соединения, которые могут вступать в реакцию с некоторыми модификациями кремнезема (опал, халцедон и др.), встречающимися в заполнителе бетона. В результате образуются набухающие студенистые отложения белого цвета на поверхности зерна заполнителя, что может вызвать разрушение бетона. При наличии в заполнителе такого кремнезема применяют портландцемент с содержанием щелочей менее 0,6 % и вводят в цемент активные минеральные добавки (диатомит, трепел и др.), химически связывающие щелочи [4].

Основной комплекс мер защиты цементного камня от коррозии:

- повышение плотности цементного камня;
- выбор специальных вяжущих;
- введение добавок, изменяющих структуру цементного камня, уменьшающих водопотребность и т.д.;
- обработка поверхностного слоя (флюатирование, гидрофобизация, силикатизация и т.д.), а также инъекция растворов в толщу конструкции (цементация, битумизация, смолизация, силикатизация и т.д.);
- защита поверхности от агрессивной среды при помощи окраски, оклейки, оштукатуривания различными гидроизоляционными материалами, а также торкретированием и облицовкой керамикой или металлом.

Необходимо отметить, что при разработке строительных композитов повышенной прочности испытания в большинстве случаев ограничиваются изучением влияния биологической коррозии на свойства композита, однако, согласно экспериментальным данным о влиянии природных условий на свойства и структурные характеристики цементного камня, авторы выявили, что микроорганизмы не успевают полностью сформироваться в объемных структурах и на поверхности материала в течение периода между восстановлением, характеризующегося короткими промежутками времени.

Такой подход показывает, что строительные композиты сельскохозяйственных объектов подвергаются большему воздействию средствами, используемыми для обработки зданий, а не воздействием агентов биологической коррозии (бактерий и нитевидных грибов, в некоторых случаях водорослей). В связи с этим оценка воздействия и вклада каждого вида воздействия является важной задачей для разработки методов продления стойкости и стабильности материалов и строительных объектов в целом.

Литература

1. Современные технологии проектирования энергосберегающих зданий / А.А. Нагаева [и др.] // Экономика и предпринимательство. – 2022. – № 10(147). – С. 931–933.
2. Применение BIM-технологий при проектировании зданий и сооружений в г. Краснодаре / И.Г. Выродова [и др.] // Перспективы науки. – 2022. – № 2(149). – С. 49–52.
3. Современные технологии оптимизации и ускорения производства монолитных работ / В.В. Волковская [и др.] // Экономика и предпринимательство. – 2022. – № 9(146). – С. 985–988.
4. Тищенко О.Н. Соединение полимерных шпунтовых ограждений по длине и исследование их прочности / О.Н. Тищенко, А.А. Шиховцов; Отв. за вып. А.Г. Коцаев // Научное обеспечение агропромышленного комплекса: Сборник статей по материалам XII Всероссийской конференции молодых ученых, Краснодар, 05–08 февраля 2019 года. – Краснодар : Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2019. – С. 325–326.

References

1. Modern technologies of designing energy-saving buildings / A.A. Nagaeva [et al.] // Economics and entrepreneurship. – 2022. – № 10(147). – P. 931–933.
2. Application of BIM technologies in the design of buildings and structures in Krasnodar / I.G. Vyrodova [et al.] // Prospects of Science. – 2022. – № 2(149). – P. 49–52.
3. Modern technologies of optimization and acceleration of production of monolithic works / V.V. Volkovskaya [et al.] // Economics and entrepreneurship. – 2022. – № 9(146). – P. 985–988.
4. Tishchenko O.N. The connection of polymer tongue-and-groove fences along the length and the study of their strength / O.N. Tishchenko, A.A. Shikhovtsov // Scientific support of the agro-industrial complex: A collection of articles based on the materials of the XII All-Russian Conference of Young Scientists, Krasnodar, 05–08 February 2019 / Rel. for issue A.G. Koshchaev. – Krasnodar : Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, 2019. – P. 325–326.