

УДК 691.328:699.82

РЕМОНТНО-ЗАЩИТНЫЕ ПОКРЫТИЯ ДЛЯ БЕТОННЫХ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ

¹Косухин М.М., ¹Шарапов О.Н., ¹Апалькова Л.В., ¹Комарова К.С., ²Комарова Н.Д.

¹ФГБОУ ВПО «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова», Белгород, e-mail: y31rus@mail.ru;

²СКФ ФГБОУ ВПО «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова», Минеральные Воды, e-mail: komarovand@list.ru

Проведены лабораторно-выездные исследования по выявлению причин разрушения поверхностей железобетонных элементов водоочистных сооружений. Установлено разрушающее влияние на физико-механические и эксплуатационно-технические свойства железобетона биокоррозионных процессов. Проведен сравнительный анализ технико-экономической эффективности железобетонных конструкций при использовании их в системах водоотведения. Выполнен анализ работ, посвященных биодеструкции железобетона, эксплуатируемого в биологически агрессивных средах. Показано, что под воздействием микробактериальной окислительной среды на внутренних поверхностях железобетонных коллекторов образуется кислотная среда, высокоагрессивная по отношению к бетону. Представлен общий механизм и область воздействия агрессивных сред внутри железобетонных коллекторов. Проведен анализ возможных мероприятий по защите бетона от агрессивных сред. Для исключения выявленных негативных факторов воздействия агрессивной среды предлагаются ремонтные составы на основе полифункционального модификатора фунгицидного действия.

Ключевые слова: ремонтные составы, модификаторы цементосодержащих композиций, биологическая коррозия, долговечность бетона, защитные покрытия водоотводящих коллекторов

REPAIR SHEETINGS FOR THE CONCRETE AND FERROCONCRETE ELEMENTS OF TREATMENT FACILITIES

¹Kosukhin M.M., ¹Sharapov O.N., ¹Apalkova L.V., ¹Komarova K.S., ²Komarova N.D.

¹FGBOU VPO «Belgorod State Technological University of V.G. Shukhov», Belgorod, e-mail: y31rus@mail.ru;

²SKF FGBOU VPO «The Belgorod state technological university of V.G. Shukhov», Mineralnye Vody, e-mail: natalia.komarova.2014@mail.ru

Laboratory and exit researches on identification of causes of destruction of surfaces of ferroconcrete elements of water treatment constructions are conducted. Destroying influence on physicommechanical and operational and technical properties of reinforced concrete the biokorozionnykh of processes is established. The comparative analysis of technical and economic efficiency of ferroconcrete designs is carried out when using them in water disposal systems. The analysis of works devoted to a biodistruktion of the reinforced concrete operated in biologically hostile environment is made. It is shown that under the influence of a microbial oxidation on internal surfaces of ferroconcrete collectors the acid environment, high-aggressive in relation to concrete is formed. The general mechanism and area of influence of hostile environment in ferroconcrete collectors is presented. The analysis of possible actions for protection of concrete against hostile environment is carried out. For an exception of the revealed negative factors of influence of hostile environment repair structures on the basis of the multifunctional modifier of fungicide action are offered.

Keywords: repair structures, modifiers the tsementsoderzhashchikh of compositions, biological corrosion, durability of concrete, sheetings of water taking away collectors

В первом десятилетии 21 века жилищно-коммунальный комплекс Российской Федерации столкнулся с проблемой частичного или полного износа структурных составляющих комплекса очистных сооружений населенных пунктов. Зачастую данное явление связано с приходом в негодность железобетонных и бетонных сооружений, входящих в общую технологическую схему процесса очистки фекально-бытовых и промышленных стоков. На сегодня железобетонные конструкции очистных сооружений зачастую израсходовали гарантированный лимит надежности из-за продолжительного срока службы, а также по причине воздействия различных веществ и газов на

поверхности как самих конструкций, так и сооружений в целом. Следствием данного факта зачастую становятся аварийные отказы работы как отдельных элементов структуры очистки, так и очистных сооружений в целом, что таит под собой возникновение факторов, негативно влияющих на общую экологическую обстановку.

Исследования и практика эксплуатации очистных сооружений и канализационных сетей показывают, что они подвержены быстрому и нередко непредсказуемому разрушению, вызванному интенсивным протеканием различных коррозионных процессов. Основными причинами разрушения бетонных сооружений являются неудовлетвори-

тельное качество бетона и недостаточно тщательная укладка его, перенапряжение материала, механические воздействия, такие, как повышенная скорость движения воды и резкие изменения температуры. Химическая деградация бетона вызывается действием агрессивной углекислоты, сильнокислой или сильнощелочной среды, действием различных солей и т.д. Немаловажную роль в разрушении бетона играют бактериальные процессы.

Проблема коррозии и защиты железобетонных конструкций очистных сооружений сточных вод является одной из наиболее сложных. Без всякого сомнения, бетон был и остается главным строительным материалом прошлого и нынешнего столетия. Это очень прочный, широко используемый, легко применяемый и относительно недорогой материал. В этой связи в строительстве водоочистных и водоотводящих

сооружений бетон также занимает главенствующую роль.

Постоянное увеличение индустриализации и механизации производства и быта зачастую влекут за собой и увеличение потребления воды, наряду с новыми более агрессивными методами очистки, предъявляют наиболее высокие требования к прочности бетона. Прочный бетон может выдерживать высокие механические и термальные нагрузки, но, будучи щелочным материалом, имеет свои пределы прочности в случаях контакта с кислыми средами [1].

Бетон – щелочная композиция со значениями рН-фактора, приблизительно равными 11–12. Щелочность в бетоне создают небольшие примеси гидроксидов щелочных металлов (до 1%) и свободная известь – гидроксид кальция, образующийся как побочный продукт в процессе гидратации силикатов и алюминатов кальция:



Гидроксид кальция частично растворим в воде – 1,3 г/л. Однако, если вода фильтруется через тело бетона, вынос свободной извести заметно возрастает, и это ведет к постепенной деструкции цементного камня. Потеря свободной извести до 20% от ее содержания в бетоне серьезно влияет на несущие свойства конструкции.

Капиллярно-пористая структура и щелочной характер бетона делают его особо уязвимым по отношению к кислым средам. Это могут быть растворы неорганических и органических кислот, альдегиды, кислые и способные к окислению газы, а также соли, гидролизующиеся с образованием кислот. Даже дистиллированная вода с величиной рН-фактора, равной 6, является опасной для бетона [3].

Кислоты взаимодействуют со свободной известью в бетоне, превращая ее в соли. Химическое равновесие в системе цементного камня смещается в сторону дополнительного гидролиза гидросиликатов и гидроалюминатов кальция с образованием новых порций извести, которая вновь связывается и т.д. Эти повторяющиеся процессы приводят к существенным изменениям в структуре цементного камня. За небольшим исключением (фосфорная, щавелевая и кремнефтористая кислоты, образующие с известью труднорастворимые соли) механизм разрушительного действия на бетон характерен для всех остальных кислот. Кислые растворы растворяют на поверхности бетона плотную пленку карбоната кальция – продукта карбонизации

свободной извести, облегчая доступ кислот в поровое пространство бетона. [5].

Городские непромышленные сточные воды, которые поступают на водоочистку с рН 6,5–7, в соответствии с действующими нормами, не представляют опасности для бетона и кирпича. В то же время стоки, проходя различные стадии обработки и очистки, подвергают опасности вторичной атаки посредством концентрации токсинов биологических процессов, которые в действительности вызывают разрушение бетона. В бытовых стоках органические субстанции, получаемые в процессе биологической очистки, трансформируются в биомассу как углекислый газ CO_2 и сероводород H_2S , отдельно друг от друга. CO_2 – природный газ, находящийся в атмосфере в количестве 0,03%, является катализатором гораздо более опасного процесса – карбонизации бетона, но закономерно то, что процесс не происходит в мокрой среде водоочистных сооружений. H_2S , подобно CO_2 также не очень агрессивен по отношению к бетону, но в то же время является причиной неприятного запаха. Проводя минимизацию вредного влияния сероводорода, необходимо максимально герметично изолировать стадии очистки. В результате структурных перемен сточных вод в процессе очистки, происходит вторичная атака на бетон над уровнем сточков, так называемая газовая атака.

Под действием данных процессов микробактериальная оксидация тиобациллы преобразовывает H_2S в концентрированную серную кислоту H_2SO_4 . По истечению

нескольких месяцев это неизбежно приведет к падению pH до уровня 1–2,5. H_2SO_4 – высокоагрессивная кислота по отношению к бетону, к тому же кислотная атака происходит двумя путями:

– оказывает растворяющий эффект (цементный камень просто растворяется);

– мелкодисперсная атака твердыми частицами отходов жизнедеятельности, которые образуют тонкий слой на поверхности бетона.

Проникновение частиц осадка внутрь бетона вызывает его разрушение, появляются трещины, и процесс разрушения интенсивно ускоряется во времени [4].

Скорость разрушения бетона зависит от ионного состава воды. Например, если вода содержит много аммонийных соединений, то при контакте ее с сильнощелочной средой в теле бетона может наблюдаться выделение аммиака, ускоряющего растворение извести и разрушение бетона. Аналогичное действие оказывают соли магния и любые более слабые, чем известь, основания. Особенно агрессивной по отношению к бетону является вода, содержащая одновременно повышенные концентрации соединений аммония и магния и сульфаты.

Наличие в воде некоторых ионов, способных вовлекаться в биологические процессы, провоцирует развитие микроорганизмов, продукты жизнедеятельности которых могут разрушающе действовать на бетон. К числу таких микроорганизмов относятся, например, нитрификаторы и сероокисляющие бактерии, развитие которых сопровождается подкислением среды.

Микробиальные процессы разрушения бетона чаще всего связаны с деятельностью бактерий, осуществляющих превращение серы, и наблюдаются обычно в канализационных коллекторах.

При транспортировании сточной воды по самотечным каналам и трубопроводам со скоростью, меньшей, чем самоочищающая скорость, возможно выпадение взвешенных примесей воды в осадок. Находясь под слоем воды в анаэробных условиях, осадок может загнить. При этом создаются оптимальные условия для жизнедеятельности сульфатредуцирующих бактерий, восстанавливающих сульфаты при сопряженном окислении органических веществ с образованием H_2S .

Под воздействием вышеперечисленных факторов незащищенный бетон очень быстро разрушается. Материалы применяемые для защиты бетона от негативных воздействий, должны отвечать следующим условиям:

– безопасные для здоровья и окружающей среды;

– кислотоустойчивые при $pH = 1$ и менее;

– имеющие безупречную адгезию к бетону в постоянно влажных условиях;

– прочные к механическим воздействиям.

При проведении, более тщательного анализа процессов, происходящих на поверхности технологических сооружений, можно судить о нескольких факторах, которые способствуют протеканию данных процессов. Результаты исследований показали, что органические покрытия не имеют диффузии водяного пара и по этой причине обречены на потерю адгезии к бетону. Данный процесс происходит из-за давления влаги изнутри бетонной конструкции, находящейся в контакте с грунтом, что, в свою очередь, приводит к образованию пузырей на поверхности защитного покрытия. Подобные явления были отмечены на большинстве водоочистных сооружений, что позволяет судить о системности данных процессов. Из-за своих физико-химических свойств органические покрытия очень чувствительны к влажности бетона (для эпоксида 0,6%, для полиуретана – 0,4%), что делает практически невозможным их использование для санации старых, поврежденных бетонов, находящихся в постоянно влажном состоянии [2].

Были проведены испытания ремонтных составов на основе цементосодержащих композиций, модифицированных фунгицидным модификатором полифункционального действия. Модификатор представляет собой продукт конденсации отходов производства резорцина с фурфуролом. Наличие в его составе олигомерных продуктов конденсации отходов производства резорцина с фурфуролом и непроконденсированных продуктов осмоления отходов производства резорцина – смеси дизамещенных фенолов и ароматических сульфокислот отличает этот модификатор от большинства аналогов способностью проявлять фунгицидные свойства в щелочной среде. Кроме того, использование модификатора позволяет значительно повысить подвижность ремонтных составов при постоянном и сниженном водоцементном отношении, что в свою очередь приводит к увеличению адгезии затвержденного состава к основанию, повышению плотности и прочности ремонтного покрытия за счет кептезирующего действия модификатора.

Безусловен экономический эффект, учитывающий затраты на ремонт вследствие газовой атаки, инвестиции в прочную, надежную защиту бетона имеют прямую финансовую целесообразность по отношению к новому строительству. При экономическом расчете принимается во внимание то,

что в закрытых циклах очистки стоков нуждаются в защите только верхние зоны (выше уровня сточных вод), а не вся поверхность емкостей, приводящая к экономии средств, затрачиваемых на комплекс восстановительных мероприятий. Кроме этого необходимо учитывать возможность выполнения работ, не прерывая основные мероприятия по очистке сточных вод, а лишь иногда приостанавливать работу того или иного сегмента технологического процесса.

Список литературы

1. Гольдшмидт М. Минеральные защитные покрытия для бетонных поверхностей водоочистных сооружений от серно-кислотной агрессии // Технологии бетонов. – 2007. – № 4. – С. 14–15.
2. Косухин, М.М. Повышение долговечности железобетона водоотводящих коллекторов / М.М. Косухин, В.А. Полуэктова, Л.В. Апалькова, О.Н. Шарапов, В.М. Малиновкер // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 8–4. – С. 838–840.
3. Кафтаева М.В. Регулирование свойств мелкозернистых бетонов с пониженным содержанием воды: автореф. дис. ... канд. техн. наук // Белгородская государственная технологическая академия строительных материалов. – Белгород, 2000.
4. Кантор П.Л. Эффективность вторичной защиты железобетонных канализационных коллекторов / П.Л. Кантор, В.С. Асянова, В.М. Латыпов // Промышленное и гражданское строительство. – 2011. – № 12. – С. 65–66.
5. Шаповалов Н.А. Суперпластификаторы для бетонов / Н.А. Шаповалов, А.А. Слюсарь, В.А. Ломаченко, М.М. Косухин, С.Н. Шеметова // Известия высших учебных заведений. Строительство. – 2001. – № 1. – С. 29.

References

1. Gol'dshmidt M. / Mineral'nye zashhitnye pokrytija dlja betonnyh poverhnostej vodoochistnyh sooruzhenij ot serno-kislotnoj agressii // Tehnologii betonov. 2007. no. 4. pp. 14–15. Goldschmidt M. Mineral protective coverings for concrete surfaces of water-treatment structures against the sulphuric acid action // Concrete technology. 2007. no. 4. pp. 14–15.

2. Kosuhin, M.M. Povyshenie dolgovechnosti zhelezobetona vodootvodjashih kollektorov / M.M. Kosuhin, V.A. Polujektova, L.V. Apal'kova, O.N. Sharapov, V.M. Malinovker // Fundamental'nye issledovaniya 2013. no. 8–4. pp. 838–840. Kosukhin M.M. Increasing the longevity of reinforced concrete of diversion collectors / M.M. Kosukhin, V.A. Poluektova, L.V. Apalkova, O.N. Sharapov, V.M. Malinovker // Fundamental research 2013. no. 8–4. pp. 838–840.

3. Kaftaeva M.V. / Regulirovanie svojstv melkozernistykh betonov s ponizhennym soderzhanijem vody: avtoref. dis. kand. tehn. nauk // Belgorodskaja gosudarstvennaja tehno-logicheskaja akademija stroitel'nyh materialov. Belgorod, 2000. Kaftaeva M.V. / Regulating properties of fine-grained low-water concretes: abstract of candidate's thesis // Belgorod State Technological Academy of Building Materials. Belgorod, 2000.

4. Kantor P.L. Jeffektivnost' vtorichnoj zashhity zhelezobetonnyh kanalizacionnyh kollektorov / P.L. Kantor, V.S. Asjanova, V.M. Latypov // Promyshlennoe i grazhdan-skoe stroitel'stvo. 2011. no. 12. pp. 65–66. Kantor P.L. The efficiency of secondary protection of reinforced-concrete sewage collectors / P.L. Kantor, V.S. Asyanova, V.M. Latypov // Industrial and civil construction. 2011. no. 12. pp. 65–66.

5. Shapovalov N.A. Superplastifikatory dlja betonov / N.A. Shapovalov, A.A. Sljusar', V.A. Lomachenko, M.M. Kosuhin, S.N. Shemetova // Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Stroitel'stvo. 2001. no. 1. pp. 29. Shapovalov N.A. Superplasticizers for concretes / N.A. Shapovalov, A.A. Slyusar, V.A. Lomachenko, M.M. Kosukhin, S.N. Shemetova // Bulletin of higher education institutions. Building. 2001. no. 1. pp. 29.

Рецензенты:

Печеный Б.Г., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой ПЗ ГСХ, СКФ ФГБОУ ВПО «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова», г. Минеральные Воды;

Лопанов А.Н., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой безопасности жизнедеятельности, ФГБОУ ВПО «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова», г. Белгород.

Работа поступила в редакцию 26.08.2014.