

- вание массопереноса в отстойниках систем водоотведения [Текст] / Н.Н. Беляев, Е.К. Нагорная. – Д.: Нова Ідеологія, 2012. – 112 с.
3. Беляев Н.Н. Математическое моделирование массопереноса в горизонтальных отстойниках [Текст] / Н.Н. Беляев, В.А. Козачина. – Д.: Акцент ПП, 2014. – 114с.
  4. Патент на корисну модель № 109872. Україна, МПК<sup>7</sup> (2006.01) С 02 F1/46. Апарат для оброблення стічних вод / С.І. Мовчан. – Заявка № у 2016 02900; заявл. 22. 03.2016, опубл. 12.09.2016, Бюл. № 17.
  5. Патент на корисну модель № 111868 Україна, МПК<sup>7</sup> (2006.01) С02 F1/46. Трисекційний електрокоагулятор / С.М. Епоян, С.І. Мовчан. – Заявка № у 2016 04936; заявл. 04.05.2016. Опубл. 25.11.2016, Бюл. № 22.
  6. Патент на корисну модель № 111903 Україна, МПК<sup>7</sup> (2006.01) С02 F1/46. Ущільнювач флотошлему / С.І. Мовчан. – Заявка № у 2016 05339; заявл. 17.05.2016. Опубл. 25.11.2016, Бюл. № 22.]
  7. Епоян С.М. Механізм формування флотошлему у вертикальній флотокамері / С.М. Епоян, С.І. Мовчан // Проблеми водопостачання та гідраліки: Науково-технічний збірник. Головний редактор А.М. Кравчук. – К.: КНУБА, 2016 – Випуск 27. С. 129- 137.
  8. Теплотехнический справочник / Под общ. Ред. В.Н. Юренева и П.Д. Лебедева. В 2-х т. Т.2. Изд. 2-е перераб. М.: Энергия, 1976. – 896 с.
  9. Артамонов В.В. Процеси і апарати водоочистки: Навч. посібник/ В.В. Артамонов, Т.В. Віжевська. - Рівне: Рівненський державний технічний університет, 1999. – 127 С.
  10. Кейс В.М. Конвективный тепло- и массообмен. Пер. с англ. / В.М. Кейс.- М.; Энергия, 1972. – 448 С.
  11. Разработка и исследование установок по очистке стоков цеха ремонта сельскохозяйственной техники (Симферопольский РМЗ): отчет по НИР / Мелитоп. Инт механіз. Сел. Хоз-ва; Руководитель Н.И. Бунин. – 20 X – 89; № 01880067562; Инв. № 02880025684. – Мелитополь, 1989. – 28 с.
  12. Кулінченко В.Р. Термодинаміка. Аналіз дійсних термодинамічних циклів: Монографія/ В.Р. Кулінченко, О.П. Ломейко. – Мелітополь: Видавничий будинок ММД, 2012. – 280 с.
  13. Немцев З.Ф. Теплоэнергетические установки и теплоснабжение: Учебн. Пособие для втузов / З.Ф. Немцев, Г.В. Арсеньев. – М.: Энергоиздат, 1982. – 400 с.
  14. Ключников А.Д. Энергетика теплотехнологии и вопросы энергосбережения / А.Д. Ключников. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 128 с.
  15. Кулинченко В.Р. Справочник по теплообменным расчётам / В.Р. Кулинченко. - К.: Техника, – 165 с.

УДК 696.13

**Латорец Е.В.***Харьковский национальный университет строительства и архитектуры*

## **РЕКОНСТРУКЦИЯ СЕТЕЙ ВОДООТВЕДЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БАКТЕРИЦИДНЫХ ПОЛИМЕРНЫХ ПОКРЫТИЙ**

**Введение.** Эксплуатация железобетонных и бетонных трубопроводов водоотведения без противокоррозионной защиты на протяжении даже короткого срока службы привела к необходимости их перекаладывания и ремонта. В настоящее время до 80% железобетонных трубопроводов Украины находятся в аварийном и предаварийном состоянии [1].

В настоящее время рынок Украины наводнен различными гидроизоляционными материалами, характеризующимися высокой эффективностью в защите строительных конструкций от водной среды. Однако специфика коррозионных процессов в сетях водоотведения, преобладающая роль в них микробиологических

процессов требует защиты бетона материалами устойчивыми к специфической биогенной сернокислотной агрессии. Перспективными защитными материалами являются вещества, обладающие кроме кислотоизоляционных и бактерицидными свойствами.

Одним из методов защиты бетона и железобетона от коррозии является использование керамической плитки. Но для заделки швов между плитками необходим материал со специальными свойствами, такими как, бактерицидность, высокая химическая стойкость, тиксотропность.

Вышеизложенные результаты, показывают, что перспективным направлением в защите систем водоотведения от микробиологического воздействия является разработка бактерицидных, химически стойких тиксотропных композиций и материалов на основе эпоксидных олигомеров путем введения минеральных дисперсных наполнителей [2-3]. Бактерицидное воздействие защитных покрытий и материалов предотвращает образование коррозионно-агрессивных метаболитов (кислот биогенного происхождения). Тем самым обеспечивается надежная защита бетонной поверхности сооружения от воздействия химически и биохимически агрессивных сред. Поэтому разработка бактерицидных, химически стойких тиксотропных эпоксиаминных композиций для защиты бетонных и железобетонных строительных конструкций от биохимической коррозии является важной задачей.

**Цели и задачи.** Целью исследования является разработка эффективных биохимически стойких мастик на основе эпоксиаминных связующих и дисперсных минеральных наполнителей, для защиты и восстановления железобетонных систем водоотведения.

**Результаты исследований.** В настоящее время большое количество полимерных материалов применяется для защиты бетонных и железобетонных строительных конструкций от коррозии под воздействием жидких агрессивных сред.

Интенсивность и направленность коррозионных процессов в бетонных сооруже-

ниях обусловлена действием большого числа разнообразных физических и химических факторов [4]. Полный учет их, особенно в натуральных условиях, весьма проблематичен или практически невозможен. Исследованиями микробиологов жизнедеятельность микроорганизмов на поверхности конструкций признана в настоящее время в качестве одного из решающих условий возникновения коррозионных разрушений бетонных сооружений биологической очистки сточных вод [5], градирен, гидротехнических сооружений, канализационных коллекторов, сооружений метрополитена.

Поэтому, при разработке материалов для защиты бетонных сооружений от коррозии, кроме вышеперечисленных требований, следует учитывать их стойкость к биологически агрессивным средам, обусловленным жизнедеятельностью микроорганизмов [6].

Для более четкого определения основных факторов, обуславливающих агрессивность биохимической среды, воздействующей на бетонные сооружения, представляло интерес изучить механизм и основные биохимические процессы, происходящие при коррозионном разрушении бетона.

Значительное сокращение сроков службы бетонных и железобетонных промышленных и гражданских объектов обусловлено, чаще всего, некорректной оценкой агрессивности условий эксплуатации в результате неполного учета факторов коррозии [7]. К числу неучитываемых, но весьма существенных факторов разрушения строительных материалов следует отнести и биологический. В большинстве работ по биокоррозии бетона основными аргументами в пользу участия микроорганизмов в данном процессе служат увеличение численности бактерий и грибов на корродированных участках сооружений, специфический внешний вид поврежденных конструкций, снижение pH поверхности бетона и выщелачивание компонентов цементного камня под действием живых организмов.

Механизм микробиологической коррозии бетонных сооружений объясняется образованием легкорастворимых солей кальция, магния, кремния, алюминия при взаимодействии составляющих цементного камня

бетона с органическими и минеральными кислотами. Процесс коррозии сопровождается понижением значений pH бетона.

Многими исследованиями было показано, что биогеохимические трансформации бетона в сооружениях водоотведения, а, следовательно, и техногенная безопасность этих сооружений, обусловлены микробиологическими превращениями на своде коллектора трех биогенных элементов – серы, азота и углерода. Реакции на своде коллекторов следует рассматривать как конечные этапы специфических трофических цепей этих элементов, связывающих жидкую, газообразную и твердую фазы сооружений водоотведения в единую экосистему техногенного происхождения.

В том случае, когда трубы не заполнены сточными водами, поверхность трубы контактирует с воздухом и подвергается действию углекислого газа и сероводорода, выделяющихся из сточной воды. Под действием углекислоты происходит постепенное подкисление конденсационной влаги до значений pH 12.5 – 8.5. За счет окисления сероводорода кислородом воздуха происходит образование тиосульфата и политионата, которые снижают pH до 7.5. На этой стадии начинает действовать *T. thioragus*, который образует элементарную серу и снижает pH до 5.0. *T. concretivorus* и *T. thiooxidans* окисляют серу до серной кислоты; при этом pH быстро снижается до 1.0, вызывая разрушение бетона.

Подверженность бетона микробиологической коррозии объясняется его химическим составом, структурой и механическими свойствами: его, как и другие объекты техносферы неорганической природы, наиболее активно разрушают бактерии, образующие сильные неорганические кислоты.

Роль тионовых бактерий, окисляющих широкий круг соединений серы до сульфатов, как фактора создания агрессивных сред в техносфере очень велика. По своей окислительной активности тиобациллы могут конкурировать с процессами химического окисления сульфидов металлов, элементарной серы, гидросульфата железа. Хотя при коррозии бе-

тона канализационных труб тесно переплетаются химические и микробиологические процессы, но наиболее агрессивным агентом по отношению к бетону является продуцируемая тиобациллами серная кислота (коррозия II вида по классификации В.М. Москвина).

Состав микробных сообществ, развивающихся на открытых поверхностях сооружений водоотведения, не зависит от материала конструкций и материала образцов, а определяется и регулируется экологической средой, в том числе стадией коррозионного процесса. Из всех изученных эколого-трофических групп микроорганизмов самыми агрессивными по отношению к бетону являлись тионовые бактерии.

Кроме химического коррозионного воздействия (растворения цементного камня и продуктов его взаимодействия с органогенными средами), микроорганизмы оказывают на бетон и физико-химические воздействия, такие как:

- нарушение сплошности бетона в результате расклинивающего действия веществ, адсорбированных на поверхности контакта цементного камня с заполнителем;
- трансформирование кристаллогидратов цементного камня электрофизиологической активностью микроорганизмов.

Интенсивность микробиологического коррозионного процесса настолько велика, что затрагивает не только цементные гидраты, но и материал заполнителя. На некоторых участках бетонных коллекторов разрушение свода, а, следовательно, аварийная ситуация, наступает через 10-15, а иногда и через 5 лет эксплуатации [8].

Таким образом, из анализа литературных данных можно сделать вывод, что возникновение коррозионного процесса, воздействующего на бетон различных строительных конструкций, проходит при непосредственном участии микроорганизмов. Литотрофные аэробные и анаэробные бактерии образуют коррозионно-агрессивную среду, состоящую из смеси минеральных и органических кислот, основной частью которой является серная кислота, образуемая тионовыми бактериями (*Thiobacillus*). Серная

кислота, воздействуя на бетон, образует сульфаты кальция, алюминия, кремния, которые вымываются, истончая стенки конструкции.

**Выводы.** В исследованиях представлено теоретическое обобщение и новое решение научной задачи создания эффективных биохимстойких мастик на основе модифицированных эпоксиаминных связующих и дисперсных минеральных наполнителей, выбор которых обусловлен с учетом поверхностных активных центров влияющих на процессы отверждения и формирование структуры эпоксиполимеров. В результате выполненных научных исследований разработаны биохимстойкие эпоксидные мастики с высокими эксплуатационными свойствами, технология их приготовления и применения для ремонта и восстановления железобетонных систем водоотведения.

В результате анализа существующих представлений установлено, что бетон в системах водоотведения, транспортирующих сточные воды, разрушается в основном в их сводовой части вследствие микробиологической коррозии, которая происходит под действием серной кислоты, вырабатываемой тионовыми бактериями. Возможна защита бетонных элементов систем водоотведения путем применения эпоксидных мастик, однако различия технологических и адгезионно-прочностных свойств в зависимости от компонентного состава исходного полимера и химико-минералогического состава наполнителя требуют проведения комплексных исследований с целью установления рациональных составов, обеспечивающих долговечность мастик в условиях агрессивного воздействия транспортируемых жидкостей.

**Литература.**

1. Сопов В., Клевцова Л., Баяк А. 2015. К вопросу долговечности сетей водоотведения. // MOTROL. Commission of motorization and energetics in agriculture: Polish Academy of sciences. – Lublin. –Vol. 17. – № 6. – 103-110.
2. Marjorie Valix I, Diyana Zamri I, Hiro Mineyama, Wai Hung Cheung, Jeffrey Shi and Heri Bustamante. 2012. Microbiologically Induced Corrosion of Concrete and Protective Coatings in Gravity Sewers. // Chinese Journal of Chemical Engineering, 20(3). – 433-438.
3. Aesoy, A., Osterhus, S.W. and Bentzen, G., 2002. Controlled treatment with nitrate in sewers to prevent concrete corrosion. Water Science & Technology. Water Supply. 2 (4), 137-144.
4. Яковлева Р.А., Латорец Е.В., Семкив О.М., Попов Ю.В., Обиженко Т.Н., Данченко Ю.М., Рачковский А.В. Восстановление сооружений городского хозяйства с использованием бактерицидных и огнестойких полимерных материалов//Коммунальное хозяйство городов: Науч.-техн. сб. – К.: Техніка, 2002. – Вып. 39. – С. 84-87.
5. Юрченко В.А. Роль спонтанных микробиологических процессов в коррозии бетонных сооружений отведения сточных вод // Сб. трудов по технической химии. УХО. – К.: 1997. – С.324 – 326.
6. Гончаренко Д.Ф., Коринько И.В. Ремонт и восстановление канализационных сетей и сооружений. – Харьков: "Рубикон", 1999. – 368с.
7. Гончаров В.В., Рожанская А.М., Теплицкая Т.В. Проницаемость цементных растворов для бактерий // Бетон и железобетон. – 1989. – №1. – С.37 – 39.
8. Латорец Е.В., Яковлева Р.А., Юрченко В.А., Попов Ю.В., Данченко Ю.М. Экспериментальные исследования бактерицидных свойств наполненных эпоксиполимеров // Науковий вісник буд-ва. - Харків: ХДТУБА, ХОТВ АБУ, 2004. - №28. – С. 242 – 246.