

СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ЖКХ СТРАН ЕВРАЗИЙСКОГО СОЮЗА. ТЕХНОСФЕРНАЯ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

УДК 628.21

ПОВЫШЕНИЕ СРОКА ЭКСПЛУАТАЦИИ КАНАЛИЗАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Ю. Б. Белоусова, Д. С. Шишенин, С. И. Милешкин, М. В. Рыльцева
Волгоградский государственный технический университет (Россия)

Коррозионные повреждения трубопроводов часто оказываются причиной крупномасштабных загрязнений гидросферы и литосферы. Для правильной постановки практической работы по защите трубопроводов от коррозии необходимо знание теории процессов коррозии и методов борьбы с ней.

Поэтому задача предотвращения или достижения возможного минимума интенсивности образования коррозии состоит в том, чтобы обеспечить максимальную эффективность работы канализационных трубопроводов, что напрямую связано с повышением экономических показателей водного хозяйства и предприятий.

В статье изложены результаты научных исследований, направленных на совершенствование эксплуатации канализационной сети: профилактика и защита от коррозии труб и увеличение срока долговечности трубопроводов, разработка наиболее экологичного и экономичного способа защиты внутренней поверхности канализационных трубопроводов от коррозии. Выявлена возможность снизить коррозию внутренней поверхности канализационных трубопроводов, используя продукты окисления сульфатвосстанавливающих бактерий (СВБ), являющихся источником разрушения металлов; доказано, что при $\varphi = 0,2$ В продукты окисления СВБ образуют с ионами железа Fe^{2+} устойчивый комплекс ферроцен, являющийся ингибитором.

Современные канализационные трубопроводы представляют собой сложный комплекс взаимосвязанных сооружений, в которых протекают различные физико-химические и биологические процессы. Осуществление этих процессов неконтролируемо и сопровождается значительными материальными затратами, связанными, в частности: с заменой трубопроводов, ремонтом колодцев канализационной сети, компенсацией ущерба, наносимого водному хозяйству.

Ключевые слова: канализационные трубы, коррозия, ингибитор, биокоррозия, анаэробные бактерии, эксплуатация систем, загрязнения.

Corrosion damages of pipelines often are the reason of large-scale pollution of the hydrosphere and a lithosphere. The correct statement of practical work on protection of pipelines against corrosion requires knowledge of the theory of processes of corrosion and methods of fight against it.

Therefore the task of prevention or achievement of a possible minimum of intensity of formation of corrosion consists in providing maximum efficiency of operation of sewer pipelines that naturally it is connected with increase in economic indicators of water management and the entities.

In article results of the scientific research directed to enhancement of operation of sewer network are stated: prevention and protection against corrosion of pipes and increase in term of durability of pipelines, development of the most eco-friendly and economic method of protection of an internal surface of sewer pipelines against corrosion. An opportunity to reduce corrosion of an internal surface of sewer pipelines is revealed, using oxidation products the sulfatвосстанавливающих бактерий (SVB) which are a source of destruction of metals; it is proved that in case of $\varphi = 0,2$ In products of oxidation of SVB form with Fe²⁺ iron ions + a steady complex the ferrocene which is inhibitor.

Modern sewer pipelines represent a difficult complex of the interconnected constructions in which various physical and chemical and biological processes proceed. Implementation of these processes is uncontrollable and is followed by the considerable material costs connected, in particular: with replacement of pipelines, repair of wells of sewer network, compensation of damage caused to water management.

Keywords: *sewer pipes, corrosion, inhibitor, biocorrosion, anaerobic bacteria, operation of systems, pollution.*

Системы водоотведения являются одним из важнейших видов инженерного оборудования, обеспечивающих необходимые санитарно-гигиенические условия для жизни населения и безопасной работы промышленных предприятий. Необходимым условием длительной и надежной эксплуатации системы канализационных трубопроводов различных отраслей промышленности является эффективная защита их от коррозии, вызываемой различными факторами [1]. На сегодняшний день для канализационных трубопроводов характерна проблема: существующая защита от коррозии не обеспечивает необходимой надежности, тем самым не позволяя эксплуатировать канализационную сеть, согласно установленным нормам.

Для проведения эксперимента исследовали различные факторы, влияющие на внутреннюю коррозию канализационных трубопроводов. Наиболее значимым фактором была выявлена биокоррозия, коррозия под действием микроорганизмов. С этой точки зрения имеют значения сульфатвосстанавливающие анаэробные бактерии (восстанавливают сульфаты до сульфидов), обычно обитающие в водных средах. Было определено влияние отложений на внутренней поверхности трубопроводов на скорость коррозии [2].

Для сравнения результатов, полученных на образцах с отложениями, таким же образом были сняты кривые на исходных образцах в соответствующих средах. В результате измерений были получены поляризационные кривые, представленные на рисунках 1 и 2.

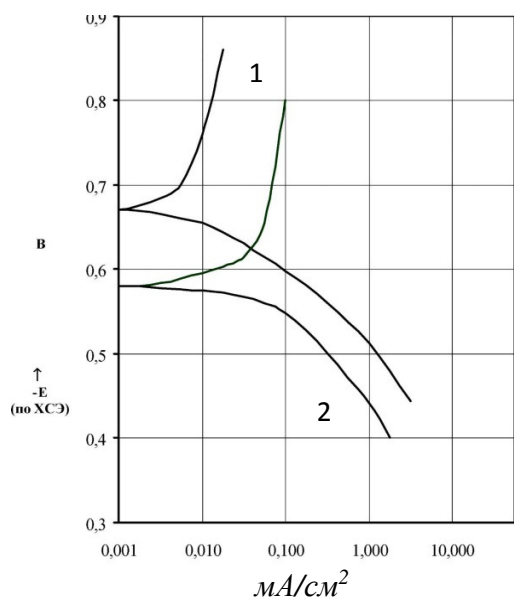


Рис. 1. Поляризационные кривые для образцов из стали 20 в растворе 3%-ного NaCl: 1 – исходный образец; 2 – образец с карбонатными отложениями

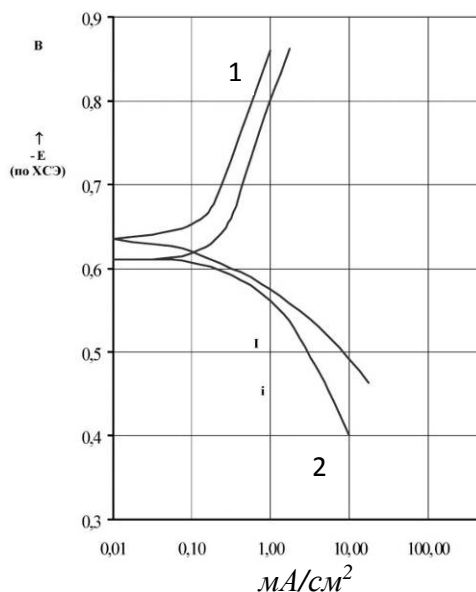


Рис. 2. Поляризационные кривые для образцов из стали 20 в среде NACE (0,8 г/л H₂S): 1 – исходный образец; 2 – образец с сульфидными отложениями

Анализ поляризационных кривых показал, что скорость коррозии образцов из стали (ст. 20) как с карбонатными отложениями в среде 3% NaCl ($i_{КОР2} = 0,00631 \text{ mA/cm}^2$), так и с сульфидными в среде NACE ($i_{КОР2}=0,316 \text{ mA/cm}^2$) выше по сравнению со скоростями коррозии исходных образцов ($i_{КОР1} = 0,0084 \text{ mA/cm}^2$ и $i_{КОР1} = 0,178 \text{ mA/cm}^2$ соответственно). При этом присутствие осадка на поверхности металла приводит к смещению его потенциала в область положительных значений на 90 мВ для образца с карбонатными отложениями и на 25 мВ с сульфидными отложениями. Это связывают с катодными свойствами осадка. Показано, что скорость коррозии возрастает с увеличением толщины пленки из СВБ [3].

СВБ участвуют в разложении простых и сложных субстратов, в том числе белков, жиров, углеводов, клетчатки. В сообществе с углеводородо-окисляющими бактериями они принимают участие в окислении углеводородов. Коррозия, протекающая в присутствии СВБ, характеризуется определенными признаками. На металлической поверхности появляются коррозионные отложения в виде темной корки и рыхлых бугорков. Они состоят из сульфидов, карбонатов и гидратов окиси железа и включают многочисленные колонии СВБ. Под слоем отложений быстро развиваются коррозионные поражения в виде питтингов. Сквозная перфорация может происходить в течение нескольких месяцев.

Выявлена взаимосвязь распространения СВБ с содержанием в сточных водах растворенных органических веществ, в большей степени углеводов [4]. Развитие СВБ в ряде опытов имело место при среднем содержании органического вещества в сточных водах 9–33 мг/л. При меньшем содержании органических веществ в воде бактерии обнаружены не были.

Растворенное органическое вещество может представлять собой углеводороды, масла, азотсодержащие вещества, кислородсодержащие соединения типа нафтеновых, жирных кислот, смол, гуматов.

При проведении эксперимента наиболее интересны были результаты анодного воздействия. Изучение влияния анодной обработки показало, что при толщине пленки СВБ не менее 100 мкм и плотности тока не менее 0,01 А/см² протекает ряд реакций, в том числе реакция получения продукта из компонентов СВБ, образующего с ионом Fe²⁺ многоядерные ферроцены, представляющие из себя устойчивую к окислению пленку с высокой адгезионной способностью на поверхности стали (ст. 20), не разрушающуюся длительное время (5–6 месяцев) и являющуюся благоприятной подложкой для СВБ на которой замедляется образование сульфидных отложений. Химический состав ингибиторов (ферроценов): [Fe(C₅H₅)(CO)₂]₂, Fe(C₅H₅)(C₆H₇), (CO)₃FeC₆H₇-C₆H₇Fe(CO)₃, C₅H₅FeC₅H₄R, где R – радикал включающий шестичленный лиганд.

Доказано, что активно коррозионный процесс может протекать при наличии в коррозионной среде веществ, не являющихся окислителями (белков, жиров, углеводов, клетчатки) [2]. Чугунные и стальные трубопроводы проявляют нестандартные свойства по отношению к ионам сахара, поваренной соли, уксуса и соды в водной среде, что подтверждено экспериментально [2].

Кинетику адсорбции изучали, регистрируя спад тока (на 0,6 В отрицательнее стационарного) при введении веществ, не являющихся окислителями (биоцидных ингибиторов – вещества I–IV: сахар, целлюлоза, молочная кислота, масло какао) в фоновый раствор (рис. 3). По результатам весовых измерений рассчитывали коэффициент торможения γ_m коррозии веществами I–IV ($\gamma_m = K_m / K_m'$, где K_m, K_m' – скорость коррозии без и в присутствии ингибитора) и степень защиты Z_m .

Активность веществ I–IV изучали методом диффузии в агар и оценивали по диаметру зоны подавления роста микроорганизмов в ПСП. Статистическую обработку результатов электрохимических исследований проводили для уровня вероятности 0,95, число измерений $n = 3$. Полученные экспериментальные данные приведены на рис. 3.

Все исследованные вещества уменьшают ток коррозии стали (ст. 20) в растворе NaCl в 3,55–4,47 раз. При этом вещества II и III смещают E_c стали в анодную область на 25–35 мВ, что указывает на преимущественное торможение анодного процесса. Вещество I смещает E_c в отрицательную область на 15 мВ, то есть преимущественно тормозит катодную реакцию коррозии стали ($\gamma_k/\gamma_a \approx 1,5$), а вещество IV заметно не влияет на потенциал свободной коррозии стали ($\gamma_k/\gamma_a \approx 1$). Среди исследованных соединений максимальную степень защиты стали в растворе NaCl обеспечивает вещество IV, $\gamma_c = 4,47$, степень защиты $Z_c = 77,7 \%$, т. е. образованное за 30 минут при $\phi = 0,3$ В.

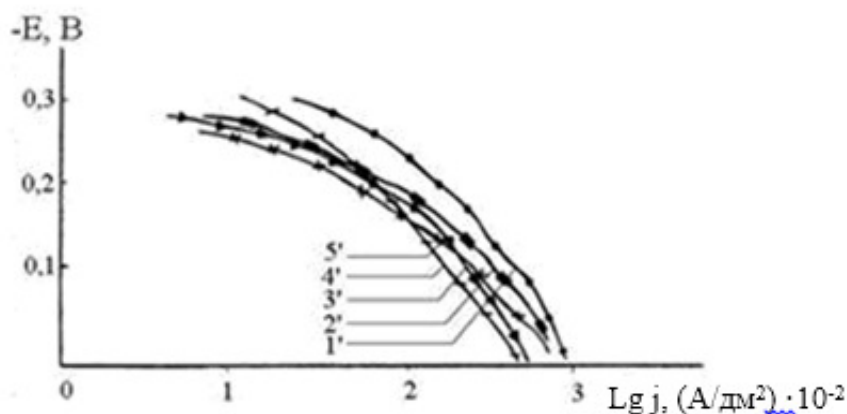


Рис. 3. Поляризационные анодные ($1'$ – $5'$) кривые стали 20 в 0,1M NaCl: $1'$ – без добавок; $2'$ – с добавкой III; $3'$ – с добавкой II; $4'$ – с добавкой I; $5'$ – с добавкой IV

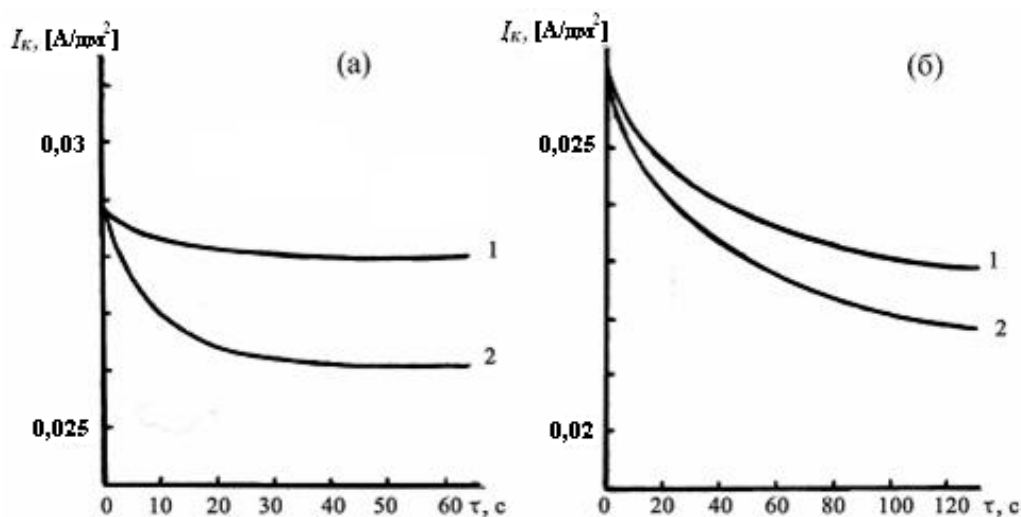


Рис. 4. Зависимость катодного тока от времени адсорбции на стали 20: а – веществ II (1) и III (2); б – веществ I (1) и IV (2)

Характер адсорбции веществ I–IV, предположенный на основе расчета электронной плотности атомов в их молекулах, согласуется с экспериментальными данными спада катодного тока во времени при введении веществ I–IV в раствор фона (рис. 3). Малая продолжительность адсорбции (10–20 с) веществ II и III указывает на ее физический характер, а длительная адсорбция (более 120 с) веществ I и IV – на хемосорбцию.

Таким образом, проведенные исследования подтвердили предположение о противокоррозионной активности веществ I–IV при взаимодействии с СВБ, сделанное на основании их структурного строения.

Следовательно, способность веществ I–IV при взаимодействии с СВБ ингибировать частные электродные реакции коррозионного процесса не является определяющей в торможении коррозии, вызванной СВБ. Продукты жизнедеятельности СВБ способны изменять эффективность защитного действия ингибиторов коррозии.

На основе анализа результатов экспериментальных исследований приведены рекомендации по профилактике и защите от коррозии существующих и проектируемых канализационных трубопроводов.

Для канализационных труб диаметром 200 мм и длиной 50 м рекомендованная сила тока $i = 30\text{--}40$ А, при плотности тока $j = 0,01\text{--}0,02$ А/дм², потенциал окисления относительно хлор-серебряного электрода 0,22–0,28 В. Рекомендуемое время обработки варьируется от 8 до 15 минут, в зависимости от диаметра трубопровода и толщины отложений на нем.

Таким образом, экспериментально подтверждена возможность воздействия постоянного анодного электрического тока для защиты от коррозии трубопроводов водоотводящих сетей, тем самым обеспечивая оптимальные условия их эксплуатации и соответственно, срока службы.

Список литературы

1. Семенова И. В., Флорианович Г. М., Хорошилов А. В. Коррозия и защита от коррозии. М. : Физматлит, 2002. 334 с.
2. Аббасов В. М., Мамедов И. А., Абдуллаев Е. Ш. Защита стали от сероводородной коррозии с применением бактерицидов // Защита металлов. 1995. Т. 31. № 2. С. 206–208.
3. Москвичева Е. В., Болеев А. А., Потоловский Р. В., Радченко О. П., Рыльцева Т. Ф. Исследования внутренней коррозии канализационных трубопроводов // Вестник Волг. гос. арх.-строит. ун-та. Серия: Строительство и архитектура. 2011. Вып. 25 (44). С. 300–306.
4. Москвичева Е. В., Болеев А. А., Потоловский Р. В., Радченко О. П., Акимов О. Ю. Особенности очистки сточных вод, содержащих водно-дисперсионные акриловые лакокрасочные материалы строительного назначения (ВД ЛКМ) // Вестник Волг. гос. арх.-строит. ун-та. Серия: Строительство и архитектура. 2011. Вып. 25 (44). С. 290–294.
5. Доскина Э. П., Москвичева А. В., Москвичева Е. В. К вопросу о применении нормативов допустимых сбросов загрязняющих веществ в систему водоотведения г. Волгограда // Водоснабжение и санитарная техника. 2016. № 2. С. 37–42.

УДК 614.849

МЕРОПРИЯТИЯ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ ПО ОБСЛУЖИВАНИЮ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ, РАБОТАЮЩИХ НА ЖИДКОМ МОТОРНОМ ТОПЛИВЕ, ПРИ ПЕРЕВОДЕ ИХ НА ГАЗОВОЕ ТОПЛИВО

А. М. Качалова, А. А. Глебова

*Астраханский государственный архитектурно-строительный
университет (Россия)*

Предметом данной статьи является анализ и выбор путей решения проблемы безопасности предприятий по обслуживанию транспортных средств, работающих на жидком моторном топливе, при переводе их на газовое топливо. Изложена информация об