

М.М. КРИЗСЬКИЙ, доктор технічних наук
Київський національний університет будівництва і архітектури

А.О. БІЛИК, заступник генерального директора ПАТ «АК»Київ водоканал»

А.Г. ІВАНЬКО, начальник відділу водопостачання і каналізації
«Київінжпроект» ПАТ «Київпроект»

М.І. КИСЛИЙ, заступник генерального директора ПАТ «АК»Київ водоканал» –
директор департаменту експлуатації каналізаційного господарства

ДОСВІД ЕКСПЛУАТАЦІЇ КАНАЛІЗАЦІЙНИХ КОЛЕКТОРІВ В м.КИЄВІ

Узагальнено досвід експлуатації самоплинних каналізаційних колекторів в м. Києві. Розглянуто конструкторсько-технологічні рішення трубопроводів та процеси, які в них відбуваються при транспортуванні стічних вод. Запропоновано технічні заходи, спрямовані на підвищення довговічності мереж водовідведення.

Ключові слова: каналізаційні колектори; бетонні та залізобетонні вироби та матеріали; стічні води; сірководень; газова корозія.

Обобщен опыт эксплуатации самотечных коллекторов в г.Киеве. Рассмотрены конструкторско-технологические решения трубопроводов и процессы, которые в них протекают при транспортировке сточных вод. Предложены технические мероприятия, направленные на повышение долговечности сетей водоотведения.

Ключевые слова: канализационные коллектора; бетонные и железобетонные изделия и материалы; сероводород; газовая коррозия.

Operating experience of gravity sewers in Kyiv city is generalized. Reviewed design and technological pipeline solutions and processes, which occurs there during transportation of wastewater. Proposed technical measures aimed at improving the durability of drainage networks.

Keywords: sewers; concrete and reinforced-concrete wares and materials; waste water; hydrogen sulfide (hydrogen sulphide); gas-phase corrosion.

Розвиток і функціонування каналізаційного господарства в м.Києві, що започатковано наприкінці XIX століття, успішно продовжується і в наші дні. Каналізаційні мережі, колектори, насосні станції та очисні споруди будувалися і

продовжують будуватись разом із забудовою міста згідно з діючою нормативною базою та вимогами щодо статистичних характеристик навантажень і впливів, якості матеріалів, будівельних виробів, прийнятих конструкторсько-технологічних рішень в проектах, матеріальних та енергетичних затрат на їх реалізацію.

У зв'язку із зношенням об'єктів в каналізації, запроектованих і побудованих 40 і більше років тому, на них в останні три чотири роки частішали аварії. Особливо часто нештатні ситуації трапляються на самопливних каналізаційних колекторах із бетону та залізобетону. Тому виникає необхідність в стислій формі розглянути конструкторсько-технологічні рішення цих трубопроводів та процеси, які в них відбуваються при транспортуванні стічних вод. На підставі узагальнення досвіду експлуатації слід запропонувати технічні заходи по підвищенню довговічності названих об'єктів водовідведення.

Київ поділений Дніпром на дві частини, які відрізняються одна від іншої інженерно-геологічними та гідрологічними умовами, рельєфом тощо. Правобережна частина міста – так звані Київські гори з висотами 70-80 м над рівнем Дніпра і тільки два райони Телички і Оболоні порівняно плоскі, позначки котрих сягають 4 м над рівнем Дніпра. У деяких місцях окремі ділянки території згаданих районів іноді можуть взагалі заповнюватися водою у повінь. Такий рельєф міста своєрідно впливає на систему каналізації Києва. Складовою частиною цієї системи є понад 2460 км самопливних каналізаційних мереж і колекторів діаметром 150-3100 мм. Причому в лівобережній частині міста труби каналізаційної мережі і колектори прокладалися, як правило, у водонасичених дрібно – і середньозернистих обводнених ґрунтах і на глибині не більше 10 метрів. У правобережній частині прокладки здійснюються в різноманітних інженерно-геологічних та гідрогеологічних умовах, на різних глибинах, величина яких залежить від низки умов, вимог і факторів (так найбільша глибина Головного міського колектора тут досягає 90 метрів).

В залежності від технологічних умов, діаметра, глибини закладання, інженерно-геологічних і гідрогеологічних умов траси, методів будівництва колектори мають різну ступінь складності [1].

Вважається, що найбільш простою конструкцією є влаштування колекторів із керамічних, азбестоцементних, залізобетонних, чавунних труб порівняно невеликого діаметру (300...500 мм), які прокладаються, як правило, на незначній глибині (від 1,5 до 6,0 м). Колектори великих перерізів збудовані із збірного та монолітного залізобетону. В науково-популярному виданні монографії [1] невідомого дослідника історії водопостачання і каналізації м. Києва В.В. Кобзаря зібрано і систематизовано 43 типа перерізів каналізаційних колекторів Києва. Тут представлені різноманітні за формою, розмірами і матеріалом колектори різного заглиблення.

Колектори, що побудовані з допомогою методу щитової проходки мають багат шарову конструкцію. Первинна оболонка представлена залізобетонним тюбінгами; вторинна оболонка може бути двох видів: збірною – із спеціальних елементів або із звичайних залізобетонних труб і монолітною – із залізобетону. Для будівництва колекторів використовувалися прохідницькі щитові комплекси вітчизняного виробництва зовнішнім діаметром 2,15 м; 2,56 м та 3,20 м. Тунелі після щита кріпилися, в основному, залізобетонними тюбінгами, а в окремих випадках використовувалися керамічні (наприклад, Виборгський колектор) та чавунні [1]. Поверх тюбінгів влаштовувалися внутрішня монолітна залізобетонна оболонка. Для підвищення герметичності колекторів здійснювалося нагнітання цементно-піщаної суміші або наносився шар торкрет-бетону.

Невід'ємною частиною інженерних комунікацій каналізації є колодязі і камери на колекторах, через які здійснюється їх вентиляція. На київських колекторах малих діаметрів колодязі виконані із цегли, монолітного і збірного бетону та залізобетону.

На колекторах великих діаметрів глибокого закладення камери побудовані двошаровими: первинна оболонка – із залізобетонних тюбінгів і вторинна оболонка здійснена в монолітному варіанті із залізобетону. Перекриття, перехідні елементи, містки обслуговування виконані із звичайного залізобетону; ходові сходи, драбинки – металеві.

Відомо, що технічний стан інженерних споруд та їх конструктивних елементів з плином часу погіршується. Не винятком в цьому відношенні стали і каналізаційні колектори в місті Києві. На каналізаційних колекторах, які прокладені на глибині 3...25 м в складних інженерно-геологічних та гідрогеологічних умовах, з плином часу під впливом природних і техногенних факторів сталися деформування та руйнування бетонних, залізобетонних і металевих конструктивних елементів. Внаслідок цього окремі ділянки каналізаційних колекторів виявилися заваленими уламками бетону і залізобетону, виникли так звані місцеві послаблення в бетонних конструкціях, які призвели до появи тріщин різного походження, напрямку і розмірів. Ці обставини стали сприяти розвитку таких, наприклад, негативних явищ, коли по периметру залізобетонної труби в ґрунтовому середовищі почали розвиватися суфозійні процеси і став можливим винос в колектори певного об'єму ґрунту. При цьому спостерігається замулення їх піском та мулом; висота наносів становить 30...40 см, а в деяких місцях досягає навіть 60...70 см (як це мало місце в колекторі по проспекту 40-річчя Жовтня).

Як уже зазначалося, особливістю геологічної будови лівобережної частини міста є наявність потужного шару (на глибину до 30 м) дрібно – та середньозернистих обводнених пісків.

У правобережній частині міста будівництво колекторів і насосних станцій здійснювалось в різноманітних інженерно-геологічних та гідрогеологічних умовах на різних глибинах. Проте, за сукупністю факторів,

вказаних в додатку 10 СНиП 1.02.07-87 [2], категорія складності інженерно-геологічних умов на ділянках траси є третя (складна). Тут піщані ґрунти різної крупності місцями переходять у супіски та суглинки; зустрічаються за-торфовані і замулені прошарки та лесові породи.

Глибина залягання ділянок колекторів, що розглядаються, коливаються в залежності від рельєфу місцевості в межах від 2,5 до 20 м. В переважній більшості випадків ґрунти обводнені і будівельні конструкції трубопроводів, камер та колодязів, а також підземна частина насосних станцій знаходиться в умовах підпору води ззовні.

Ґрунтові води мітять вільну вуглекислоту, сульфати, хлориди і за величиною рН їх можна умовно віднести до слабо кислотних. Корозійна активність ґрунтового середовища, що знаходиться у контакті з зовнішніми поверхнями будівельних конструкцій колекторів та насосних станцій, вважається невисокою. Разом з тим, оскільки є передумови для процесу поглинання іонів кальцію в глинистих ґрунтах, то цей процес може супроводжуватись певною мірою корозією бетону. В цілому ж, у відповідності з положеннями СНиП 2.04.03-85 [3] ґрунтове середовище можна вважати як слабо агресивне по відношенню до бетону.

Оскільки до 74% аварій на залізобетонних трубопроводах водовідведення сталося внаслідок корозії, яка зумовлена водно-газовим середовищем колекторів [4], то автори вважають доцільним коротко охарактеризувати та розглянути його вплив на процеси, які в них відбуваються.

Перш за все під **стічною водою** або **рідиною** будемо називати воду, яка була використана для різних потреб в побуті чи на виробництві і отримала при цьому деякі домішки (забруднення), що змінили її хімічний склад або фізичні властивості [5]. До стічних вод слід віднести також води, які використані для поливу вулиць, площ, тротуарів, прибудинкових територій, а також атмосферні води, які відводяться з території міста та промислових підприємств.

Забруднення стічних вод можуть бути **мінеральними і органічними**. З хімічної точки зору в цих забрудненнях в основному міститься вуглець у вигляді **клітковини**. Органічні забруднення тваринного походження містять фізіологічні відходи людей та тварин, жирові речовини, органічні кислоти та інше. Основним хімічним елементом цих забруднень є **азот** у вигляді білкових речовин. Стічні води, крім вуглецю та азоту, **містять фосфор, калій, сірку, натрій** та інші хімічні сполуки [5].

Стічні води характеризуються також **бактеріальними і біологічними** забрудненнями, котрі в стічних водах представлені різними мікроорганізмами, дріжджовими та пліснявими грибами, дрібними водоростями.

Склад побутових стічних вод відносно постійний і характеризується в основному органічними забрудненнями (біля 60%) в нерозчинному, колоїдному та розчинному стані, а також різними мікроорганізмами, в тому числі і патогенними [5].

Виробничі стічні води утворюються в технологічних процесах виробництва. Склад і концентрація забруднень виробничих стічних вод дуже різноманітні і залежать від виду та технології виробництва, вихідної сировини і різних компонентів, які присутні в технологічному процесі.

Атмосферні стічні води утворюються від випадання дощу або розтавання снігу і містять в основному мінеральні і в меншій кількості органічні забруднення.

Із аналізу досліджень водно-газового середовища в колекторах міської каналізації видно [4, 6, 10], що в результаті хімічних, фізико-хімічних і біохімічних процесів, які відбуваються в стічній воді, що рухається колектором, мають місце процеси газоутворення та випадання з води деякої кількості осаду, що супроводжується інтенсивним споживанням кисню. Чисельні дослідження цього явища показали, що в каналізаційних колекторах газове середовище складається із **кисню, сірководню, вуглекислого газу, метану і аміаку** [7,10].

Названі гази, як правило, мають місце у будь-якому колекторі, а наявність інших газів, зумовлюється скидом стічних вод від промислових підприємств. В цих випадках можуть бути виявленні такі гази, як окисли азоту, толуол, пари бензину, пари ефіру тощо. Із всіх газів **сірководень** є найбільш характерним для стічних вод, а **сіркобактерії** представляють собою групу мікроорганізмів, найбільш поширених у стічних водах.

Утворення сірководню є результатом складних хімічних і біологічних процесів. Сірка міститься, як правило, у вигляді органічних та неорганічних сполучень.

При бактеріальному розпаді органічних сполучень, котрі знаходяться в стічних водах, відбувається гідроліз вуглеводів, їх перетворення у розчинні цукри, розпад білків на амінокислоти, а також жирів на жирні кислоти з відносно коротким вуглецевим ланцюгом. Подальший аеробний біорозпад призводить до утворення вуглекислого газу та води. При безкисневому розпаді кінцевими продуктами є органічні кислоти, спирти, інші проміжні сполучення, а також газоподібні речовини – вуглекислий газ, метан і сірководень [10].

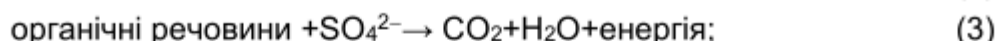
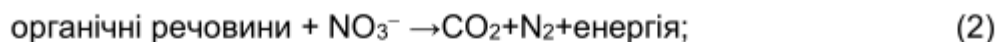
Бактерії, які викликають розпад органічних сполучень, в залежності від джерел живлення, умовно можна представити двома видами – гетеротрофи і автотрофи. Перші використовують як джерело вуглеводів органічні сполуки для отримання енергії та синтезу. В залежності від їх відношення до вільного кисню ці бактерії можуть бути поділені на аеробні, анаеробні та факультативні.

Аеробні бактерії можуть розкладати органічні речовини для одержання енергії, яка необхідна для свого зростання та розмноження, тільки при наявності вільного розчиненого кисню за схемою:



Отже, підтримка аеробних умов в каналізаційних системах включає проблеми, що пов'язані з сірководнем.

Анаероби окислюють органічні речовини, коли повністю відсутній розчинений кисень, використовуючи при цьому кисень, що вміщується в інших сполуках, наприклад, в нітратах і сульфатах:



Факультативні бактерії використовують розчинений кисень, а за його відсутності існують за рахунок енергії анаеробних процесів.

Автотрофні бактерії окислюють неорганічні сполуки для отримання енергії і використовують вуглекислий газ як джерело вуглецю.

Для стічних вод, які транспортуються каналізаційними системами, є характерні процеси, котрі описуються рівнянням (3) з утворенням сірководню (H_2S).

Розчин сірководню у воді наближається до властивостей слабкої двоосновної кислоти. Вона дисоціює у відповідності із реакцією



Для визначення концентрації сірководню у воді, як правило, визначають загальний вміст сульфатів. В загальному випадку сульфіди в стічній воді можуть бути розчиненими та нерозчиненими. В розчинні сульфіди умовно можна представити в трьох формах:

- у вигляді вільного сірководню (H_2S);
- у вигляді гідросульфідів-іонів (HS^-);
- у вигляді сульфідів-іонів (S^{2-}).

Нерозчинені сульфіди можуть бути присутні в стічній воді як сульфід цинку (ZnS), заліза (FeS) тощо.

Разом з тим, існує певний кількісний баланс між H_2S , HS^- і S^{2-} , який переважно залежить від рН стічної води та її температури.

Причому вміст сульфід-іонів (S^{2-}) в стічній воді стає особливо помітним, при рН > 10.

В процесі утворення газу накопичуються у верхній частині колектору або споруд на ньому (камери, колодязі).

Існуюча сірководнева проблема із всіх сульфідних форм найвірогідніше пов'язана із недисоційованим сірководнем. Саме цей компонент газового середовища при певних умовах (турбулентність потоку, зменшення парціального тиску, зміна рН тощо) накопичується в об'ємі колектору.

З точки зору агресивності чи не агресивності стічна вода, згідно СНиП 2.04.03-85 [3], **є практично неагресивною до бетону, а газове середовище навпаки – дуже агресивне.**

Ця агресивність обумовлена, головним чином, сірководнем, який розчиняється в прошарках конденсаційної вологи на внутрішній поверхні труб над рівнем води. Головна небезпека сірководню полягає в його властивості

окислюватись в сірчану кислоту при контакті з повітрям. В цьому випадку механізм впливу сірководню на бетонні конструкції має багато спільного з дією інших кислот. Зокрема, сірководень з вапном утворює розчинні у воді солі і при наявності води сприяє вилугуванню із бетону вапна. Оскільки кислотні властивості його слабкі, то процес утворення вапняних солей та вилугування протікає повільно. При зменшенні лужності бетону гідросилікати кальцію, які утворюють цементний камінь, стають нестійкими та руйнуються. Наявність великої кількості сульфатів та відносно низький рН (в межах 5,8...7,0) свідчать про те, що корозія має кислотний характер. Продукти корозії вміщують еtringіт, гідрокарбоалюмінат кальцію, гіпс і кременегель.

Значну небезпеку для бетонних конструкцій являє утворення і такого сполучення як сульфато-алюмінат кальцію. Це подвійна сіль $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{CaSO}_4\cdot 30\text{H}_2\text{O}$, яка відома під назвою «сіль Деваля», має схильність кристалізуватися з тридцятьма молекулами води і при цьому інтенсивно спучуватися, що викликає повне руйнування бетону.

В цьому випадку спочатку має місце утворення гіпсу, об'єм якого збільшується приблизно в два рази порівняно з об'ємом вихідного сполучення, а потім при утворенні «солі Деваля» об'єм різко збільшується (інколи в 22,5 рази), що призводить до виникнення тріщин в бетонних конструкціях. При наявності тріщин вода має можливість проникати в середину бетонної конструкції, де сульфоалюмінат кальцію розпадається на гідрат окису алюмінію та гіпсу. Останній викристалізовується, а гідроокис алюмінію відокремлюється у вигляді липкої слизької маси. Поява такої слизоти є характерним свідченням руйнування бетонної конструкції.

В процесі тривалої експлуатації каналізаційних колекторів в водному середовищі постійно відбуваються біохімічні реакції, в результаті яких мікроорганізми здійснюють свою життєдіяльність, споживаючи як джерело живлення та енергії органічні речовини і необхідні мінеральні солі. Продукт життєдіяльності мікроорганізмів накопичується у воді, змінюючи в деяких випадках її агресивність по відношенні до бетонних конструкцій. При цьому можуть проходити значні зміни активної реакції води, внаслідок чого вона набуває кислі або лужні властивості. Проте це залежить від виду мікроорганізмів і наявності чи відсутності кисню.

Виходячи із механізму впливу на бетонні конструкції газоподібного сірководню, можна було б чекати тільки сульфідний характер корозії. Проте з допомогою мікробіологічних досліджень стало можливим виявити і сірчаноокислий вид впливу. Серед відомих фізіологічних груп мікроорганізмів, які при проведенні дослідів на каналізаційних колекторах були виділені з поверхні труб відповідальними за формування газового середовища в колекторі слід вважати сульфатредуючі (H_2S), гетеротні, залізобактерії та вуглеводневоспоживаючі бактерії (CO_2). Максимальна кількість їх спостерігалася із зіскобу з підводної частини поверхні труби. Саме там

накопичуються при експлуатації каналізаційного колектора мулові відклади і утворюються сприятливі умови для виникнення анаеробних процесів, коли спочатку має місце виділення у воду, а потім із неї газоподібних H_2S та CO_2 . Цей процес можна розглядати як біологічний, проте сірководень не безпосередньо взаємодіє з бетонною поверхнею, а попередньо окислюється в сірчану кислоту.

Дослідники стану каналізаційних колекторів вважають [4, 6,7,8, 10], що відповідними за окислення сірководню є тіонові, а при певних умовах – і денітрифікуючі бактерії. Максимальна кількість цих бактерій прикріплена до склепіння труб, стінок вище рівня стічних вод та перекриттів камер.

Узагальнюючи результати досліджень на деяких каналізаційних колекторах м. Києва та м. Харкова, механізм утворення агресивного газового середовища та його вплив на бетонні поверхні умовно можна представити із трьох стадій або етапів.

Перша стадія – біохімічне утворення сірководню у стічній воді сульфатредуючими бактеріями при наявності достатніх концентрацій органічних та сірковмісних речовин.

Друга стадія – виділення сірководню із стічної води і накопичення його в підсклепінчатому об'ємі колектору або у верхній частині каналізаційних камер чи колодязів та поступове розчинення його у вигляді конденсатної плівки на вологій поверхні бетонних конструкцій.

Третя стадія – окислення сірководню тіоновими бактеріями до сірчаної кислоти, яка започатковує процес руйнування бетонних поверхонь. Важливим є той факт, що утворення гіпсу призводить до руйнування бетонної конструкції в зв'язку з тим, що об'єм який займає гіпс, більший того об'єму, що займає вапно. Крім того, гіпс має властивість повільно розчинятися і випадати, що і має місце в реальних умовах експлуатації каналізаційних колекторів та насосних станцій.

Основною причиною виникнення пошкоджень і руйнування конструктивних елементів камер і колодязів є також газобіогенна корозія. Внаслідок чого товщина залізобетонного перекриття зменшується, як правило, на 5...8 см, відкриті металеві конструкції поступово окислюються в залізобетонних стінках виникають тріщини й раковини. В місцях підключення трубопроводів в верхній частині товщина зменшується до 7...8 см (внаслідок невдалих конструкторсько-технологічних рішень цих вузлів) мають місце нещільність, тріщини в швах, через які поступають ґрунтові води з дрібнозернистими фракціями ґрунтової маси.

Заходи по захисту будівельних конструкцій тіла каналізаційного колектора від негативного впливу корозії шляхом нанесення на його поверхню жорсткої гідроізоляції виявилися не досить ефективними. В умовах агресивного водогазового середовища, яке продукується сірководнем, метаном, вуглекислим газом, тіоновими та іншими бактеріями при відсутності вентиляції, підвищеній вологості, накопиченні осаду, замуленні і загниванні

органічних речовин, бетон втрачає початкову міцність до **3,4-3,8 МПа**, в той час, як за проектом така міцність передбачалася в **20 МПа і більше**.

При цьому відбувається своєрідне переродження бетону [9]; він в поверхневих шарах розпушується, збільшується його пористість до 16%, колір змінюється на брудно-сірий, або брудний, він лущитья з виділенням продуктів реакцій – крихких новоутворень з водопоглинанням 4,0...4,5 %.

Натурні дослідження бетонних конструкцій споруд грабельного відділення насосної станції першого підйому Бортницької станції аерації показали, що під шаром пошкодженого корозією бетону знаходиться якісний бетон. Якість такого бетону відповідає його проектним характеристикам по міцності М-200 і більше, а по водонепроникності В-4...В-5.

Основні пошкодження і руйнування сконцентровані у надводній частині, особливо в верхній частині склепіння та у швах бетонування «сорочки», котрі є найбільш уразливими місцями у конструкції колектора. Зокрема, через шви бетонування, якщо вони мають недостатнє ущільнення бетону, відбувається інфільтрація ґрунтових вод, що супроводжується вилуженням з бетону вапна та подальшим його руйнуванням.

Із швів трубопроводу надводної частини вивалюються окремі шматки цементного каменю. В таких місцях утворилися наскрізні тріщини до тюбінгів, через які у колектор затікають ґрунтові води, заносючи з собою ґрунт, що накопичується у колекторі у вигляді твердого осаду та мулу.

Руйнуванню матеріалів стиків, їх розгерметизації та утворенню чисельних тріщин в деякій мірі сприяють інженерно-геологічні умови траси та динамічні навантаження на каналізаційний колектор при експлуатації наземного транспорту.

Всі спрощені конструкції влаштування стиків у трубопроводах – як то на гумовому кільці, на чеканці карболкою та цементно-піщаному розчині не витримують випробовування середовищем, навантаженням і часом призводять до аварійних ситуацій, витікання в ґрунтове середовище стоків, інфільтрації в каналізаційні колектори тощо.

Характерними пошкодженнями і дефектами будівельних конструкцій колекторів є порушення герметичності стикових з'єднань труб, корозійне пошкодження внутрішньої поверхні колекторів, особливо їх верхньої частини (склепіння), втрата міцності бетоном з наступним утворенням і розвитком тріщин різного напрямку, інфільтрація всередину колектору підземних вод, виникнення свищів, наступне піскування та замулення лоткової частини.

Для колекторів неглибокого закладання при наявності рослинності над трасою нерідко має місце проникнення кореневої системи крізь пошкодження стиків і труб в середину колектора.

Природно, що розвиток таких та інших негативних явищ та процесів і пов'язане з цим погіршення загального стану будівельних конструкцій

каналізаційних колекторів привертало і привертає до себе підвищену увагу з боку фахівців Департаменту по експлуатації каналізаційного господарств АК «Київводоканал» та відповідних служб Київської міської державної адміністрації, а також проектних і науково-дослідних організацій. При цьому йде мова не тільки про узагальнення досвіду використання прогресивних матеріалів і технологій на об'єктах каналізації, а й пошук нових ефективних підходів інженерного забезпечення та наукового супроводження при вирішенні сучасних проблем каналізації.

Для створення надійних і довговічних каналізаційних мереж і колекторів потрібно мати досконалу нормативну базу по проектуванню, будівництву, реконструкції, ремонту, та експлуатації каналізаційного господарства.

Ремонтоно-відновлювані роботи чи реконструкція конкретного об'єкту повинна виконуватись після проведення його натурального обстеження і оцінки технічного стану та розробки проектно-кошторисної документації, в якій повинно бути передбачено заходи по зменшенню впливу біологічного фактору (відповідним чином обробки стічних вод) та підвищенню корозійної стійкості будівельних конструкцій підземних частин споруд, в тому числі:

- зниження концентрації сульфідів шляхом їх окислення;
- введення в стічні води реагентів типа нітратних солей або окислювача;
- зниження температури стоків до 10°C у літній період року;
- оптимізацію параметрів гідравлічного режиму роботи трубопроводів, лотків, перепадів в місцях підключення;
- використання при відновленні корозійно-стійких матеріалів типу кераміки, кремнійбетону, полімербетону, сіркобетону, або облицювальних матеріалів – плівкового, листового, гнучкого трубного або «чулочного» поліетилену.

Щодо питання влаштування вентиляції самоплинних колекторів з метою покращення їх корозійної стійкості, то відповідь на це питання поки що не буде однозначною. З одного боку, збір і вилучення (евакуація) вуглекислого газу, метану, сірководню, парів води та інших газів, безумовно, є позитивним фактором для технічного стану значних ділянок колекторів. При цьому ще й спостерігається деяке осушення їх поверхні. Проте, з іншого боку, в місцях влаштування вентиляційних стояків (і взагалі там, де має місце вихід газів з колекторів, на кшталт каналізаційних камер, резервуарів, гребельних відділень тощо) відбувається концентрація названих газів та спостерігається інтенсифікація їх негативного впливу на бетонні конструкції. Тут, якщо розглядати газову складову з точки зору механіки суцільного середовища, збільшуються швидкості руху газів, їх кількість, змінюється напрямок руху та градієнти і взагалі інтенсифікують всі динамічні процеси в газовому середовищі та будівельних конструкціях. На нашу думку, підтвердженням

висловленого положення є погіршення технічного стану на деяких ділянках колекторів, де були встановлені вентиляційні стояки (наприклад по вулиці Попудренка) і навіть аварії (як це сталося в січні 2012р. на ділянці самоплинного колектору між камерою №47 та грабельним відділенням насосної станції першого підйому Бортницької станції аерації).

Окрім того, створюються дискомфортні умови для мешканців навколишніх будівель через запахи з вентиляційних стояків при невеликій їх висоті.

Враховуючи недовговічність бетонних, залізобетонних і металевих конструкцій в умовах впливу на них агресивного середовища з боку стоків, при виконанні ремонтно-поновлювальних робіт існуючих колекторів і споруд на них та підземних частин каналізаційних насосних станцій, а також при проектуванні і будівництві нових об'єктів каналізації, потрібно максимально використовувати полімерні матеріали. У відповідності з цією концепцією трубопроводи діаметром до 400 мм для транспортування стоків потрібно проектувати з поліетилену (вторинного) з товстою монолітною конструкцією стінок.

При збільшенні діаметру трубопроводів збільшується і необхідна (по жорсткості) товщина стінок труб. Цю вимогу можна забезпечити шляхом застосування залізобетонних труб з внутрішньою оболонкою із термопластичних матеріалів. Внутрішню оболонку краще робити з матеріалів, які можна надійно зварювати в умовах будівельного майданчика.

Щодо підвищення корозійної стійкості залізобетонних труб, то їх необхідно просочувати полімерними композиціями в автоклавах (звичайно в заводських умовах). В цьому випадку при монтажу трубопроводів для забезпечення їх герметичності потрібно зварювати внутрішні оболонки з термопластичних матеріалів.

На трубопроводах великого діаметра (**1,0 м і більше**), які мають пошкодження у вигляді втрати герметичності, але зберегли міцність, при яких забезпечується початкова форма під впливом тиску оточуючого ґрунтового середовища, виконання ремонтно-поновлювальних робіт можна звести до:

а) облицювання поліетиленовою армованою рукавною оболонкою товщиною 0,3...2 мм з приклеюванням її до бетонної поверхні гермобутиловою мастикою;

б) облицювання поліетиленовою оболонкою з «привитим» до її зовнішньої поверхні волокнистим матеріалом, просоченим полімерними компаундами, які будуть вдавнені в тріщини залізобетонних або азбестоцементних трубопроводів і заполімеризовані;

в) монтажу всередині існуючого трубопроводу внутрішньої труби з жорстких секцій полімерних труб, стикування на різьбі або зварюванням;

можливо заповнення міжтрубного простору полімерним розчином з наповнювачем;

г) монтажу всередині існуючої нової труби з полімер бетону з внутрішнім облицюванням з поліетилену; секції внутрішнього облицювання необхідно з'єднувати між собою на зварці «внахлест» або із застосуванням накладки; міжтрубний простір необхідно заповнити полімербетонним або сіркобетонним розчином;

д) просочування під тиском полімерними компаундами та наклеювання поліетиленових листів (або рулонів) із зварюванням «внахлест»;

е) армування залізобетонних конструкцій арматурою з корозостійким покриттям (на кшталт оцинкованого або з полімерним смолами тощо);

ж) монтаж всередині існуючих труб зі збірних полімербетонних (сталеполімербетонних) або залізобетонних з покриттям полімерним розчином елементів нових труб. Збірні елементи повинні бути облицьованими поліетиленовими листами, які в процесі монтажу зварюються «внахлест».

Виконання ремонтно-поновлювальних робіт на пошкоджених каналізаційних колодязях і камерах, на колекторах, а також в приймальних резервуарах, в грабельних відділеннях та в інших підземних частинах каналізаційних насосних станцій рекомендується здійснювати шляхом футерування елементами з полімербетону, які облицьовані поліетиленовою оболонкою, котра при монтажі зварюється. Крім цього, в даному випадку забезпечення корозійної стійкості поверхонь названих вище підземних споруд можна забезпечити застосуванням залізобетонних елементів, що просочені полімерними компонентами, але обов'язково облицьованими поліетиленовими листами.

Список літератури

1. Кобзар В.В. «Водовідведення Києва від першого проекту до сьогодення 1894-2010. – К.: «ІНТЕРПРЕС ЛТД», 2010. – 216 с.
2. *Инженерные изыскания для строительства*. СНиП 1.02.07-87. Госстрой СССР – М.: Госстрой СССР, 1988. – 104 с.
3. *Канализация. Наружные сети и сооружения*. СНиП 2.04.03-85/ Госстрой СССР. – М.: Госстрой СССР, 1986 – 72 с.
4. Гончаренко Д.Ф. Эксплуатация, ремонт и восстановление сетей водоотведения. Монографія. – Харьков: Консул, 2008. – 400с.
5. Тугай А.М., Орлов В.О., Шадура В.О., Мартинов С.Ю. Міські інженерні мережі. К.: Укреліотех, 2010. – 256 с.
6. Андренюк Е., Билай, Коваль Э., Козлова И. Микробная коррозия и ее возбудители. – К.: «Наукова думка», 1980, – 288 с.

7. *Дрозд Г.Я., Бабушкин В.И.* Обследование участка канализационной сети г.Харькова. – Макеевка: Донбасская государственная академия строительства и архитектуры, 1996. – 8 с.

8. *Кириченко О.І.* Каналізаційні колектори, особливості прокладки і найтипівіші аварії // *Міське господарство України*, №4. – К.: 1998. – С.40-41.

9. *Москвин В.М., Иванов Ф.М., Алексеев С.Н., Гузев Е.А.* Коррозия бетона и железобетона, методы их защиты. – М.: Стройиздат, 1980. –535 с.

10. *Отчет о научно-технической работе «Исследовать газовое состояние канализационных коллекторов города Киева».* – ХД 37-80. – Харьков: Укркомуниипроект, 1982. – 117 с.