

УДК 628.1-192:62-192; 628-16

С.В.АТАЄВ, канд. техн. наук  
ПВНЗ «Європейський університет», м. Рівне

## **ПРОБЛЕМИ НАДІЙНОЇ ТА БЕЗПЕЧНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ СИСТЕМ ВОДОВІДВЕДЕННЯ НАСЕЛЕНИХ ПУНКТІВ**

Проведено аналіз найбільш актуальних проблем надійної та безпечної експлуатації сучасних систем водовідведення населених пунктів.

Проведен анализ наиболее актуальных проблем надежной и безопасной эксплуатации современных систем водоотведения населенных пунктов.

The analysis of most issues of the day of reliable and safe exploitation of the modern systems of taking of water is conducted from settlements.

*Ключові слова:* система водовідведення, надійність, безпека, експлуатація, аварія.

Більшість систем водовідведення населених пунктів України морально та фізично застаріли, потребують капітального ремонту, заміни обладнання, а у деяких випадках – часткової або повної реконструкції. За даними моніторингу [1, 2] об'єкти систем водовідведення за проявом дефектів можна розмістити в наступному порядку (рис. 1): трубопроводи – 58%, колодязі – 15%, каналізаційні очисні споруди (КОС) – 6%, каналізаційні насосні станції (КНС) – 5%, естакади – 3%, водовипуски – 1%. Та, не зважаючи на їх незадовільний технічний стан, вони експлуатуються та можуть призводити до аварійних ситуацій. При цьому повна зупинка системи з метою відновлення нормальної роботи її об'єктів практично не можлива.

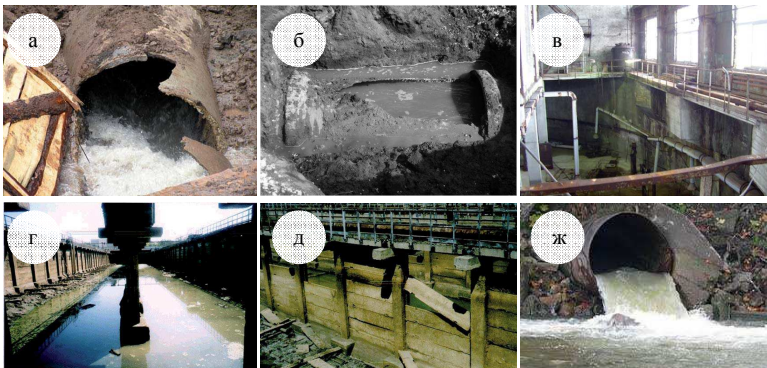


Рис. 1 – Фото характерних дефектів об'єктів водовідведення: а, б) трубопроводи; в) КНС; г, д) КОС; ж) водовипуски

Аналіз науково-технічної літератури свідчить [1, 2], що на сьогодні не існує загальноприйнятого універсального підходу до визначення надійності та безпеки систем водовідведення.

Згідно загальної теорії надійності під *надійністю* системи водовідведення слід розуміти властивість системи та окремих її структурних елементів зберігати працездатний стан на протязі певного інтервалу часу при умові, що у фіксований момент часу система буде справною [1]. Під *працездатним станом* системи водовідведення розуміють такий її стан, при якому значення всіх параметрів, які характеризують здатність виконувати системою функції акумуляції, транспортування та очистки стічних вод, відповідають вимогам нормативно-технічної та конструкторської документації. Якщо хоча б один із параметрів системи виходить за межі встановлених вимог, то такий її стан теоретично вважається *не працездатним*.

Досвід експлуатації систем водовідведення показує, що реалізація технічних рішень по підвищенню структурної, конструктивної або експлуатаційної надійності окремих її елементів (вдосконалення технологічних процесів, резервування, дублювання [1-3] тощо) може сприяти дотриманню їх безпеки або безпеки системи в цілому [4, 5]. При цьому поняття безпеки повинно охоплювати не лише показники, що характеризують зміну якості поверхневих вод, але і параметри системи водовідведення (пропускну здатність, склад стічних вод, що транспортуються, тощо) показники, які характеризують динаміку соціально-економічних та екологічно небезпечних процесів та явищ.

Пошук та реалізація ефективних рішень по підвищенню надійності та безпеки експлуатації системи водовідведення населеного пункту повинні розпочинатись із детального аналізу найбільш актуальних проблем водовідведення. При цьому для більшості сучасних систем водовідведення притаманні спільні проблеми, аналітичний огляд деяких із них проведено нижче.

*Пропускна здатність системи водовідведення.* Працездатний стан системи багато в чому визначається об'ємом стічних вод, який вона може прийняти, транспортувати та відвести в пункти утилізації. На практиці не завжди об'єм стічних вод на вході у систему відповідає об'єму на її виході. Чим більше відхилення – тим більше імовірність того, що стічні води потрапляють за межі об'єктів водовідведення та створюють загрози для довкілля та населення [1].

При проектуванні системи водовідведення фахівці орієнтуються на кількість та вид водоспоживачів, в залежності від яких визначається і тип системи – роздільна, загальносплавна або комбінована. Кількість водоспоживачів та спосіб відведення стоків, власне, і формують проє-

кту пропускну здатність системи – об’єм стоків, який вона може прийняти та відвести при мінімальних втратах. Втрати стоків при їх транспортуванні можуть бути обумовлені наступними причинами: невідповідністю кількості водоспоживачів пропускній здатності (інженерні прорахунки); стрімке зростання населення, що не відповідає запроєктованій пропускній здатності системи; незадовільний технічний стан обладнання системи, що призводить до розгерметизації трубопроводів і резервуарів та наступної міграції стоків; порушення режимів експлуатації системи; фактори стохастичної природи (стан матеріалів, рівень ґрунтових вод тощо) і т.д.

*Стохастичний характер складу стічних вод.* Основну небезпеку для довкілля та населення, інфраструктури та підприємств населеного пункту при експлуатації систем водовідведення представляють стічні води. Тому, основна задача системи водовідведення полягає не лише у транспортуванні певного об’єму стічних вод, але і у доведенні їх складу до рівня, що є безпечним для навколишнього середовища.

Стічні води населеного пункту – це суміш господарсько-побутових, промислових та зливових стоків [4,5]. Господарсько-побутова складова міських стоків формується продуктами життєдіяльності населення, злизова – речовинами, що змиваються із поверхні селітебних територій, а промислова – кінцевими продуктами технологічних процесів на підприємствах.

Особливою небезпекою міських стічних вод є їх надмірне бактеріальне забруднення, що може бути представлене апатогенними і патогенними (хвороботворними) бактеріями, вірусами, бактеріофагами, яйцями гельмінтів та грибами (рис. 2).

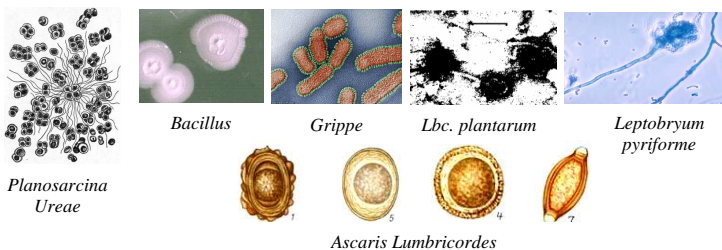


Рис. 2 – Загальний вигляд найбільш поширених представників мікрофауни неочищених міських стічних вод

В кінцевому рахунку, міські стоки формуються як складна фізико-хімічна система. Більшість складових міських стоків – це нерозчин-

ні домішки, колоїдні частинки або розчинні домішки, що знаходяться у воді у вигляді молекулярно-дисперсних частинок. Специфічною особливістю компонентів стоків є динаміка їх фізико-хімічних характеристик. Тобто, на протязі процесу транспортування характеристики однієї тієї ж речовини, що входить до складу стоків, можуть змінюватись.

Стохастичний характер складу міських стоків виникає за рахунок наступних факторів [5]: об'єм і температура водопровідної води (чим більше об'єм водопровідної води, тим менше у складі стоків органічних речовин; від температури води залежить інтенсивність аеробно-анаеробних процесів очистки стічних вод), концентрація кисню у водопровідній воді (чим більше концентрація кисню, тим швидше проходять біохімічні процеси очистки), концентрація нітратів, нітритів та сульфатів (в анаеробних умовах ці солі впливають на окисно-відновний потенціал стічних вод), технічна вода підприємств (при попаданні у міську каналізацію змінює хід хімічних реакцій), довжина міського колектору (чим довшим є колектор, тим ефективнішою є початкова стадія очистки стоків – гідроліз), склад промислових стічних вод (при попаданні у міську каналізацію кінцеві продукти технологічних процесів гальмують самоочисну здатність стоків, пригнічують діяльність мікроорганізмів), харчовий раціон населення (змінює баланс у біоценозах мікроорганізмів колекторів, порушуючи, таким чином, функцію очистки) та ін.

Мінливий склад стоків може призводити до погіршення роботи системи за рахунок наступних причин: падіння пропускної здатності системи та ефективності КОС, невідповідність матеріалів обладнання агресивним властивостям стічних вод, корозія прийомних резервуарів (рис. 1, в) та насосного обладнання КНС (рис. 3, а), корозія (рис. 3, б) і біобростання колекторів (рис. 3, в), накопичення вибухонебезпечних газів над поверхнею стічних вод тощо.

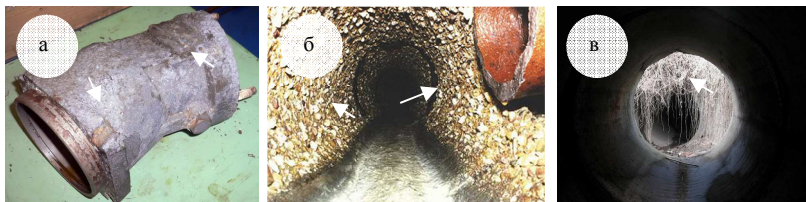


Рис. 3 – Фото проявів хімічної корозії на обладнанні КНС (а) та внутрішніх стінках каналізаційних колекторів (б), біобростань колекторів (в)

*Експлуатація у аварійному режимі.* В сучасних умовах безпечна експлуатація систем водовідведення повинна передбачати не лише

виконання основних функцій окремих її елементів, але і функціонування в ряді аварійних ситуацій [1]. Характерною особливістю систем водовідведення є те, що для відновлення їх нормальної роботи повна їх зупинка практично неможлива і недоцільна з економічної точки зору. Тому, при проектуванні систем передбачають резервування та дублювання окремих об'єктів та ліній, що дозволяє не лише підвищувати експлуатаційну надійність, але і проводити ремонтні роботи на пошкодженій ділянці і при цьому не зупиняти роботу всієї системи.

Під *аварією* на системі водовідведення можна вважати ситуацію, коли хоча б один із об'єктів водовідведення системи працює в ненормальному режимі експлуатації [1, 4]. Такий режим може призводити до порушення роботи інших складових системи, але виконання її основних функцій не припиняється. Причинами, що можуть порушувати нормальні умови експлуатації трубопроводів та провокувати аварійні ситуації (рис. 1, а, б), є [2]: 1) негерметичне прилягання люків на каналізаційних колодязях або їх відсутність; 2) попадання в трубопроводи твердих великогабаритних предметів; 3) недостатній нагляд за мережею та ін. Причинами, що порушують нормальні умови експлуатації КНС, можуть бути [6]: 1) вихід із ладу насосів (рис. 3, а); 2) переповнення прийомного резервуару; 3) накопичення критичної маси осаду в прийомному резервуарі; 4) вихід із ладу електричного блоку КНС та ін. Нормальну роботу КОС можуть порушувати наступні фактори, що не рідко сприяють виникненню аварій [1, 3, 4]: 1) перевантаження споруд; 2) залпові скиди стічних вод або їх компонентів у систему (пісок, ганчір'я, осади тощо); 3) пошкодження електрообладнання та ін.

Спільною рисою більшості аварій, що можуть виникати на об'єктах водовідведення, є їх висока частота та імовірність виникнення, значна вартість ліквідації наслідків та істотний вплив на стан інфраструктури населеного пункту (рис. 4). Крім того, стічні води при контакті із об'єктами природного середовища за рахунок аварійних розливів можуть погіршувати стан рослинності, змінювати властивості ґрунтового середовища, хімічний склад поверхневих та підземних вод тощо і, як наслідок, погіршувати середовище проживання населення.

*Старіння систем.* Однією із актуальних проблем експлуатації сучасних систем водовідведення населених пунктів є їх старіння. Більшість із них були введені в експлуатацію ще у 50-60-х рр. минулого століття. Старіння об'єктів і споруд призводить до того, що для багатьох міст вирішення задачі їх підтримки у необхідному технічному стані ускладнюється недостатньою кількістю засобів, що породжує ризики при прийнятті управлінських рішень в процесі експлуатації (наприклад, в питаннях черговості реконструкції або перекладки окре-

мих ділянок каналізаційних мереж [1]) та ризики для довкілля (втрата якості природних ресурсів тощо) та населення (професійні та побутові захворювання тощо).



Рис. 4 – Фото наслідків реалізації аварійних ситуацій на системах водовідведення населених пунктів

Безумовно, старіння систем, як фактор, посідає одне із найперших місць серед причин порушення нормальної роботи об'єктів водовідведення. Повна заміна старих елементів системи – це дороговартісна та складна процедура, тому у вітчизняній практиці заміна старих елементів систем на нові виконують за принципом «відмова-заміна». В результаті, нове обладнання у комплексі із старим працює не ефективно, оскільки експлуатація малоефективних старих елементів призводить до більшого експлуатаційного навантаження на нові елементи. Вищезгадані роботи також ускладнюють експлуатацію інфраструктури населених пунктів, гальмують рух транспорту та викликають небажані соціально-екологічні процеси (забруднення та зміна рівня ґрунтових вод, знищення ґрунтово-рослинного шару, відключення підприємств та населення від системи водопостачання тощо).

*Експлуатація у форс-мажорному режимі.* Експлуатація систем водовідведення у форс-мажорних обставинах пов'язана, як правило, з екстремальними погодними явищами – повенями та засухами [7].

Процес управління системами водовідведення населених пунктів під час повеней та засух повинен враховувати значне падіння експлуатаційної надійності останніх. Це особливо актуально для населених пунктів України, оскільки їх каналізаційні системи не розраховані на роботу в умовах екстремальних погодних явищ. Зокрема, у 2013 р. на Бортницькій станції аерації (рис. 5, а) внаслідок накопичення надмірної кількості снігу відбулося руйнування дамби накопичувача стоків та наступне поширення нечистот по території площею 1,9 га. Працюючи на підвищеному рівні навантаження, всі елементи систем водовідведення стають особливо небезпечними об'єктами, які можуть призводити до появи інфекційних захворювань, хімічного та біологічного забруднення поверхневих вод тощо. Подібна ситуація відбулася у 2002 р. з КОС м. Прага (рис. 5, б), коли в результаті повені із берегів

вийшла р. Влтава з наступним затопленням селітебних територій та поширенням неочищених стоків [7]. Іншою загрозою для систем водовідведення є засухи, що призводять до зменшення самоочисної здатності поверхневих вод та каналізаційних колекторів.



Рис. 5 – Наслідки впливу кліматичних змін на роботу станцій очистки стічних вод:  
а) затоплена Бортницька станція аерації стічних вод м. Києва, Україна, 2013 р.;  
б) затоплена станція очистки стічних вод м. Праги, Чехія, 2002 р.

Фахівці ВООЗ при управлінні ризиками впливу можливих наслідків повеней та засух на роботу систем водовідведення пропонують наступні адаптаційні заходи [7]: а) аналіз та перевірка кожного елемента системи на фактор прояву надмірної води або її аномальної відсутності; б) прогнозування концентрації забруднюючих речовин у стоках, що поступають у систему за умови розвитку повені; в) підтримка необхідного рівня пропускної здатності; г) моделювання гідрологічного навантаження на елементи системи та ін.

*Професійні ризики.* Експлуатація систем водовідведення потребує значних фізичних зусиль зі сторони робочого персоналу і пов'язана із наступними небезпеками [2-4]: відкриті водні та слизькі тверді поверхні, траншеї; висотні роботи; обладнання під високою напругою; операції у замкненому просторі (колектори, колодязі, КНС).

Одним із специфічних шкідливих виробничих факторів на системах водовідведення є прояв негерметичності технологічного обладнання [8]. На об'єктах водовідведення негерметичність може проявлятися у вигляді нещільності прилягання люків, затворів і т.д. різноманітного обладнання та апаратів, в середині яких відбуваються хімічні реакції, зберігаються хімічні реагенти тощо. Внаслідок негерметичності споруд та апаратів КОС у обслуговуючого персоналу можуть виникати наступні професійні захворювання: токсичне ураження органів дихання, ураження печінки з розвитком фіброзу та цирозу, кон'юнктивіти та ін. Всі ці захворювання є гострими, хронічними інтоксикаціями та їх наслідками, для перебігу яких характерне ізолюване або сполучене ураження органів і систем організму людини.

Аналіз всіх можливих проблем водовідведення населеного пункту не завжди можливий, але виділення із них найбільш вагомих сприятиме формуванню стратегії розвитку системи водовідведення. На разі, більшість систем працюють за так званою стратегією *«статус-кво»*, яка має песимістичний характер розвитку [3]. Згідно останньої кардинальних змін у експлуатації систем не передбачається. Відсутність інвестицій збільшить затрати на підтримку систем, а процеси старіння призведуть до виходу із експлуатації більшості об'єктів. Розвиток таких оптимістичних стратегій, як *«прогресивні технології»* і *«розширення послуг»* [3], для систем водовідведення на найближчу перспективу малоймовірний. В таких умовах пропонується не цілісне (комплексне) відновлення технічного стану всіх об'єктів систем, а *підвищення експлуатаційної надійності найбільш уразливих із них, що сприятиме дотриманню безпеки експлуатації систем в цілому.*

1. Алексеев М.И. Надежность систем водоотведения / М.И. Алексеев, Ю.А. Ермолин. – СПб. : СПб. гос. арх.-строит. ун-т., 2010. – 166 с.

2. Сахновська В.М. Визначення базових та додаткових факторів, що впливають на надійність та екологічну безпеку мереж водопостачання і водовідведення / В.М. Сахновська // Коммунальное хозяйство городов: науч.-техн. зб. – К.: Техніка, 2010. – Вип. 93. – С. 376–383.

3. Прогрессивные информационные ресурсосберегающие и экологически безопасные технологии в системах водоотведения / А.Д. Тевяшев и др. // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2011. – С. 50-61.

4. Атаєв С.В. Особливості комплексної оцінки впливу каналізаційних очисних споруд житлових масивів на навколишнє середовище / С.В. Атаєв, В.М. Рогов, Д.В. Стефанишин // Вісник НУВГП: зб. наук. праць. – Рівне: НУВГП, 2008. – Вип. № 2 (42). – С. 3–10.

5. Канализация населенных мест и промышленных предприятий / Н.И. Лихачев, И.И. Ларин, С.А. Хаскин и др.; Под общ. ред. В.Н. Самохина. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1981. – 639 с.

6. Атаєв С.В. Повышение уровня экологической безопасности эксплуатации канализационных насосных станций населенных пунктов / С.В. Атаєв // Вісник НУВГП: зб. наук. праць. – Рівне: НУВГП. – 2011. – Вип. 3(55). – С. 62-69. – (Серія «Технічні науки»).

7. WHO Regional Office for Europe (2012). Environment and Health Information System (ENHIS) [web site]. Copenhagen, WHO Regional Office for Europe (<http://www.euro.who.int/en/what-we-do/data-and-evidence/environment-and-health-information-system-ethic>, accessed 23 March 2012).

8. Атаєв С.В. Негерметичність технологічного обладнання як фактор виникнення професійних захворювань на каналізаційних станціях / С.В. Атаєв // Матеріали XXI Міжнародної науково-практичної конференції і виставки-ярмарку «Казантип-ЕКО-2013». Інноваційні шляхи вирішення актуальних проблем базових галузей, екології, енерго- та ресурсозбереження» 3-7 червня 2013 року. – Керч, 2013. – 384 с.

Отримано 21.09.2013