

2. Зависимость эффективности очистки от концентрации растворенного кислорода имеет экстремальный характер – наиболее эффективно процесс очистки воды от минерального азота идет при концентрации кислорода 2-3 мг/л; дано физическое объяснение установленному факту, а именно: при $C_{\text{опт}}$ в аэротенке возникает равновесно-оптимальное соотношение аэробных и анаэробных зон в объеме флокулы, что положительно сказывается на одновременном протекании процессов нитрификации и денитрификации (ОНД).

3. Полученные данные использованы для оптимизации процесса очистки сточных вод (Старобешевская ТЭС, пгт. Новый Свет) на действующих очистных сооружениях.

1. Picioreanu, C. Modelling the effect of oxygen concentration on nitrite accumulation in a biofilm airlift suspension reactor / C. Picioreanu, van MCM Loosdrecht, J.J. Heijnen // Water Sci Technol. – 1997. – P.147-156.

2. Henze, M. Activated sludge model / M. Henze, CPL Jr., Grady, W. Gujer, GVR Marais, T. Matsuo // Scientific and Technical Report. – 1987. – No. 1, IAWPRC, London.

3. Hippen, A. Aerobic deammonification in the waste waters / A. Hippen, K.H. Rosenwinkel, G. Baumgarten // Water Science and Technology. – 1997. – V. 35. – P.111-120.

4. Bing-Jie, Ni, You-Peng Chen, Shao-Yang Liu, Fang Fang, Wen-Ming Xie, Han-Qing Yu. Biotechnology and Bioengineering, 2009 (submitted for publication).

Получено 10.02.2010

УДК 628.144 : 628.247

В.М.САХНОВСЬКА

Донбаська національна академія будівництва і архітектури, м.Макіївка

ВИЗНАЧЕННЯ БАЗОВИХ ТА ДОДАТКОВИХ ФАКТОРІВ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА НАДІЙНІСТЬ ТА ЕКОЛОГІЧНУ БЕЗПЕКУ МЕРЕЖ ВОДОПОСТАЧАННЯ І ВОДОВІДВЕДЕННЯ

Розглянуто основні фактори, що впливають на екологічну безпеку та надійність мереж водопостачання та водовідведення. За допомогою математичної моделі, що ґрунтується на теорії графів, визначено значимість кожного з цих факторів.

Рассмотрены основные факторы, влияющие на экологическую безопасность и надежность сетей водоснабжения и водоотведения. С помощью математической модели, основанной на теории графов, определена значимость каждого из этих факторов.

Basic factors, influencing on ecological safety of networks of water-supply and water disposal, are considered. By a mathematical model, based on the theory of the graphs, meaningfulness is certain each of these factors.

Ключові слова: надійність, водопостачання, водовідведення, екологічна безпека, теорія графів, математична модель, ранжування.

Трубопроводні мережі є невід'ємною частиною комунального господарства держави, вартість яких складає від 40 до 70% вартості всієї

системи. Техногенні аварії в області водопостачання та водовідведення, як правило, відбуваються при будівництві та функціонуванні трубопроводів інженерних систем життєзабезпечення міста без прийняття відповідних заходів щодо збереження природного балансу, а також у зв'язку з помилками при експлуатації і незадовільним технологічним станом техногенних об'єктів. Аварії на ділянках трубопроводу призять до серйозних наслідків, що впливають на всю екосистему, в тому числі й на людину. Так, за даними газети «Кореспондент», у червні минулого року внаслідок пориву під час планових випробувань на трубопроводі щілина в асфальті за декілька хвилин перетворилась на яму діаметром біля трьох метрів, з якої забив 12-метровий фонтан, що затопив квартири на чотирьох поверхах будівлі, що знаходилася рядом. Серед найбільш визначних випадків – руйнування будинку в Одесі в травні внаслідок підтоплення фундаменту; пориви каналізаційних колекторів і водопровідних магістралей в Харкові, Києві, Запоріжжі, Львівщині, Херсоні, що спричинили тривалі перерви в подачі води великій кількості населення. Тільки протягом квітня 2009 р. у Києві під землею опинилися три автомобілі. Причиною руйнування дорожнього покриття став порив водопровідної труби діаметром 200 мм, що спричинив розмив основи. В березні цього ж року внаслідок пориву каналізаційного колектору сталося просідання ділянки дороги в Києві. Подібні аварії сталися в 2006-2008 рр. в Одесі, Києві, Дніпропетровську, Миколаєві, Харкові.

Отже, визначення факторів, які впливають на підвищення надійності та екологічної безпеки мереж водовідведення, та рівня їх значимості є першочерговою задачею для подальшої розробки заходів з їх реконструкції та при проектуванні нових.

На інтенсивність відмов мереж водопостачання та водовідведення впливають багато факторів, тісно пов'язаних між собою.

Якісні показники питної води, що подається до мережі, в першу чергу залежать від стану джерел водопостачання (підземних і поверхневих), складу очисних споруд і технології водоочищення, яка практично не змінювалась вже багато років. Від хімічних і фізичних параметрів води, технології її знезараження, гідравлічного режиму роботи мережі та тривалості експлуатації мережі залежить випадення осаду в трубопроводах, що призводить до вторинного забруднення води. Осад, що накопичується в трубах, підвищує їх шорсткість і гідравлічний опір, формує умови для розвитку мікроорганізмів як вторинного джерела забруднення води [1]. Якість води оказує суттєвий вплив на довговічність, ефективність експлуатації та якість води в самій мережі.

Процеси корозії у водопровідних і каналізаційних мережах протікають по-різному. Це явище пов'язано, насамперед, з гідравлічним режимом їх роботи. Завдяки напірному режиму руху води і її взаємодією з поверхнею труби водопровідним мережам властиве відносно рівномірне утворення корозійних наростів, карбонатних відкладень та утворення біоплівки [1-3].

Мережам водовідведення більш властива біологічна корозія. В пошліненому осадженні, що скроплюється в лотковій частині труби, проходять анаеробні процеси ферментизації відкладень. Цей процес проходить в дві стадії з утворенням і виділенням сірководню (H_2S) та окислення його до сірчаної кислоти (H_2SO_4). В результаті дії кислоти частина зводу трубопроводу, що знаходиться вище рівня води, поступово руйнується [4].

Зазначимо, що зменшення об'ємів водопостачання (зміна гідравлічного режиму роботи мережі), впливає як на стан мереж водопостачання, так і на стан мереж водовідведення. В системах водопостачання відбувається збільшення терміну перебування води у мережі, що призводить до зменшення у воді розчиненого кисню, змінення концентрації та складу домішок, посилення біохімічних процесів на внутрішній поверхні труб, а в кінці кінців до вторинного забруднення питної води [2]. У системах водовідведення це призводить до змінення режиму роботи самопливних каналізаційних трубопроводів, багато ділянок яких працюють поза розрахунковими швидкостями, а швидкості руху стічних вод не доходять до самоочищуючих величин. Це сприяє випадінню у трубопроводах піску та інших крупних мінеральних та органічних домішок, що призводить до росту кількості засмічень та інтенсифікації процесів гниття з утворенням газів, що сприяють корозії та руйнуванню зводу труб [5].

Такі процеси, як корозія, вимивання матеріалу труб, формування біоплівки та осадів протікають у всіх типах труб по-різному [2]. Тому до вибору матеріалу трубопроводу слід підходити комплексно, зважаючи на всі фактори, які впливають на роботу мережі.

Аварійність водопровідної мережі знаходиться в межах 1-4 аварій на 1 км мережі. Це, насамперед, пов'язано з використанням сталевих та чавунних трубопроводів. Такі висновки підтверджують дослідження [6], згідно з якими найбільша аварійність мереж спостерігається саме на трубопроводах з цих матеріалів.

Від такого фактору, як матеріал трубопроводу на 18% залежить довговічність труб [7].

Крім самого матеріалу, з якого виготовлено труби, на ці пошкодження, безумовно, впливають такі фактори, як геологічні характерис-

тики ділянки, глибина та дефекти укладання, динамічні та статичні навантаження на трубопровід, наявність та агресивність ґрунтових вод.

Деформація та стан ґрунтів оказують серйозний вплив на стан мереж водопостачання та водовідведення, так, за даними [3], аварійність трубопроводів, прокладених на територіях, що підроблюються, значно вище, ніж на непорушених територіях. Тип ґрунту та його корозійна активність впливають на зовнішню поверхню трубопроводів і її корозію, а отже, призводять до зменшення довговічності роботи трубопроводу та підвищення аварійності мереж.

Як відмічають ряд російських вчених [8-12], до факторів геологічного ризику можна віднести: карстово-сифузійні та сифузійні процеси; підтоплення значних територій і змінення внаслідок цього фізично-механічних властивостей ґрунту; забруднення геологічного середовища, підвищення агресивності ґрунтових вод, погіршення властивостей забруднених ґрунтів.

Наявність ґрунтових вод значно впливає на надійність та екологічну безпеку роботи трубопроводів, оскільки цей фактор впливає на кілька інших факторів.

По-перше, підвищення рівня ґрунтових вод та їх агресивності в результаті забруднення фекальними водами активізує карстові процеси, що призводить до утворення карстових провалів, що загрожує спорудам, руйнування тіла фундаментів, корозії арматури й бетону та ін. Крім того, витoki з каналізаційних мереж забруднюють ґрунтові води та самі ґрунти, призводять до погіршення їх механічних властивостей (знижується опір зсуву). Велику небезпеку становлять витoki з трубопроводів, що супроводжуються «розмиттям» ґрунтів основ. Працюючи як дрени, колектори викликають появу суфозії та осідання ґрунту. Провали колекторів призводять до руйнування будівель, зупинки руху транспорту та провалу ділянок доріг [8-12].

Крім того, наявність ґрунтових вод сприяє їх інфільтрації до мереж, що в свою чергу впливає на гідравлічний режим роботи трубопроводів і склад води як у водопровідній, так і каналізаційній мережі. Збільшення витрат стічної рідини змінює роботу каналізаційних насосних станцій та очисних споруд, підвищує вартість експлуатації каналізаційної мережі.

Процес інфільтрації зустрічається також у водопровідній мережі, що відбувається при надмірному коливанні тиску в мережі та її опороженні. Наслідки такої інфільтрації дуже гостро впливають на екологічну безпеку питної води. Забруднені ґрунтові води (в тому числі витокami каналізації), що потрапляють до мережі, призводять до вторинного забруднення води і спалахів різних інфекцій.

Отже, без визначення базових і додаткових факторів, значимості їх впливу один на одного, що ґрунтуються на існуючому досвіді експлуатації мереж, сучасних дослідженнях в цій галузі, неможливо забезпечити нормальну експлуатацію систем водопостачання та водовідведення.

Мета нашого дослідження – отримання математичної моделі та алгоритму рішення на основі побудови матриці домінування ранжування факторів.

Для визначення значимості критеріїв, що впливають на роботу мереж водопостачання та водовідведення, скористаємося теорією графів і матричним методом, для чого складаємо структурну схему зв'язків факторів, що визначають їх вплив один на одного, у вигляді орієнтованих графів (рисунок).



Граф зв'язності факторів, які впливають на екологічну безпеку і надійність мереж водопостачання та водовідведення

Ранжування цих 27 факторів та підставі безлічі їх зчленувань зручно проводити, склавши матрицю залежності M усіх можливих зчленувань факторів. Далі на підставі всіх встановлених зв'язків графів кожному з 27 факторів або елементів матриці M присвоюється «0» або «1». Цифра «1» означає залежність одного фактора від іншого, цифра «0» – відсутність такої залежності. Чисельний ступінь значимості од-

ного фактору по відношенню до іншого, або ступінь домінування факторів, показників та обставин, визначається рангом, що дорівнює сумі елементів строки матриці M . Для поширення діапазону чисельних значень рангів 27 факторів матриця домінування перетворюється у матрицю S :

$$S = M + M^2 + M^4. \quad (1)$$

Для автоматизованого підрахунку матриці добутку та додавання матриць M та виявлення рівня значимості факторів (шляхом підрахунку сум елементів підсумкової матриці S), у вигляді числових значень використовувалась програма MathCAD. Результати підрахунку наведено в таблиці.

Аналізуючи отримані дані, можна відмітити, що кожний елемент матриці після проведення операції додавання строк отримує своє бальне значення (таблиця).

Матриця домінування S

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27		
2	0	0	20	4	21	1	0	9	0	0	0	32	19	57	9	6	6	7	8	2	0	0	0	0	0	19	8	228	
9	0	0	18	3	19	0	0	8	0	0	0	28	17	50	8	5	5	6	7	2	0	0	0	0	0	17	7	200	
12	0	0	11	1	12	0	0	6	0	0	0	19	11	49	5	9	5	12	9	4	0	0	0	0	0	19	13	185	
8	0	0	14	3	17	0	0	6	0	0	0	22	14	41	7	4	4	5	6	2	0	0	0	0	0	15	6	166	
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39	0	9	5	18	14	10	0	0	0	0	0	26	20	141	
3	0	0	12	1	12	0	0	6	0	0	0	18	11	34	6	3	3	4	5	2	0	0	0	0	0	13	5	135	
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	35	0	7	5	15	14	8	0	0	0	0	0	25	17	126	
5	0	0	13	3	12	0	0	4	0	0	0	12	9	27	7	2	2	3	4	2	0	0	0	0	0	13	4	117	
13	0	0	11	2	12	0	0	2	0	0	0	11	10	25	6	2	2	3	4	2	0	0	0	0	0	12	4	108	
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	29	0	6	4	12	11	7	0	0	0	0	0	21	13	103	
1	0	0	10	1	8	0	0	3	0	0	0	11	8	24	5	2	2	3	4	2	0	0	0	0	0	11	4	98	
26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25	0	6	4	12	10	6	0	0	0	0	0	17	12	92	
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25	0	4	4	11	11	6	1	0	0	0	0	17	10	89	
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25	0	6	3	10	9	6	0	0	0	0	0	17	12	88	
7	0	0	5	2	7	1	0	5	0	0	0	15	6	24	2	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	5	3	87	
11	0	0	5	2	7	1	0	5	0	0	0	15	6	24	2	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	5	3	87	
6	0	0	7	2	7	0	0	2	0	0	0	9	6	21	4	2	2	3	4	2	0	0	0	0	0	10	4	85	
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23	0	5	2	9	9	5	0	0	0	0	0	16	11	80	
4	0	0	6	1	6	0	0	1	0	0	0	5	5	15	4	1	1	2	3	2	0	0	0	0	0	9	3	64	
27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17	0	4	1	6	6	4	0	0	0	0	0	12	7	57	
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	0	2	2	6	6	5	0	0	0	0	0	11	5	52	
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	0	6	0	8	2	4	0	0	0	0	0	7	9	51	
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	0	1	2	5	5	2	0	0	0	0	0	8	5	39	
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	0	4	0	5	2	2	0	0	0	0	0	6	6	36	
10	0	0	2	1	2	1	0	1	0	0	0	4	2	8	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	2	1	29	
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	2	0	3	0	2	0	0	0	0	0	1	3	16	
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Згідно з цією таблицею, фактори впливу розподілилися наступним чином:

1. Головними факторами, що впливають на роботу всієї мережі є матеріал, строк експлуатації, наявність агресивних ґрунтових вод та гідравлічний режим саме водопровідної мережі. Як видно з цієї таблиці, від цих факторів залежить не тільки екологічна безпека та надійність мереж водопостачання, але й мережі водовідведення. Крім того до базової групи факторів слід також віднести матеріал, строк дії, гідравлічний режим роботи мереж водовідведення та діаметр (товщину стінки), наявність осаду та негерметичність мереж водопостачання.
2. До додаткових факторів відносимо всі інші фактори графу, що більше впливають на роботу кожної з підсистем окремо, ніж на всю систему загалом. З таблиці видно, що таких факторів у підсистемі «Мережі водопостачання» лише 5 з 13, тоді як для системи водовідведення вони складають основний масив – 9.

Результати проведеного за допомогою складеної математичної моделі ранжування показують, що при розробці заходів щодо реформування систем водопостачання і водовідведення слід розглядати їх як єдиний комплекс з урахуванням впливу роботи однієї мережі на іншу. До основних факторів, які впливають на роботу мереж ВВ, слід віднести матеріал трубопроводу, їх строк і режим експлуатації, наявність ґрунтових вод. При цьому базовими є характеристики водопровідної мережі.

1. Гіроль М.М., Ковальський Д., Хомко В.Є., Гіроль А.М. Проблеми якості води в водопровідних мережах // Водопостачання та водовідведення. – 2008. – №2. – С.15-21.
2. Гіроль М.М., Гіроль А.М., Семчук Г.М., Хомко В.Є., Ковальський Д. Вторинне забруднення питної води в водопровідних мережах та шляхи його уникнення // Водопостачання та водовідведення. – 2008. – Спецвипуск. – С.52-59
3. Насонкіна Н.Г. Повышение экологической безопасности систем питьевого водоснабжения. – Макеевка: ДонНАСА, 2005. – 181 с.
4. Орлов В.А., Харькин В.А. Разработка стратегии восстановления городских водоотводящих сетей // РОБТ. – 2001. – № 3. – С.20-27.
5. Зотов Н.И. О состоянии системы водоотведения Донецкой области // Водопостачання та водовідведення. – 2008. – №2. – С.10-14.
6. Кузенков Е.В. Городские и сельские сети водоснабжения и водоотведения. Проблемы обеспечения надежности и безаварийности // Коммунальное хозяйство городов: Науч.-техн. сб. Вып.45. – К.: Техніка, 2002. – С.53-57.
7. Абрамович И.А. Сети и сооружения водоотведения: расчет, проектирование, эксплуатация. – Харьков: Коллегиум, 2005. – 228 с.
8. Осипов В.И., Медведев О.П. и др. Москва. Геология и город. – М., 1997. – 400 с.
9. Жуковский Ю.Б. Высокая цена ошибок (оценка устойчивости и эксплуатационной безопасности объектов при экспертизе проектов // Строительный эксперт (газета). – 2000. – №12.
10. Королев М.В. Анализ причин аварий зданий и сооружений в г.Москве // Материалы заседаний круглого стола «Критические технологии в строительстве», Науч.-практ. конф. «Потенциал московских вузов и его использование в интересах города». –

М.: Центр Экспресс-полиграфии УНИР МГСУ, 1999. – С.15-16.

11.Королев М.В., Астраханов Б.Н. Проблемы возведения заглубленных и подземных сооружений в Москве в условиях плотной городской застройки // Сб. трудов VIII Российско-польского семинара "Теоретические основы строительства". – Warszawa, 1999. – С.183-192.

12.Дудлер И.В., Королев М.В., Ухов С.Б. Взаимосвязь инженерно-геологических, геотехнических и геоэкологических аспектов обеспечения надежности строительства городских заглубленных подземных сооружений // Материалы конф. "Подземный город, геотехнология и архитектура". – СПб.: Тема, 1998. – С.520-523.

Отримано 25.01.2010

УДК 628.345 : 541.183 : 543.22

Л.В.КРАМАРЕНКО, канд. техн. наук

Харьковская национальная академия городского хозяйства

РАЗВИТИЕ БОЛЕЗНЕЙ У ЖИТЕЛЕЙ УКРАИНЫ ПРИ УПОТРЕБЛЕНИИ НЕКАЧЕСТВЕННОЙ ВОДЫ

Анализируется влияние использования населением Украины некачественной питьевой воды по разным областям. Предложены варианты решения проблемы очищения воды с помощью альтернативных технологических процессов, которые дают возможность улучшить качество очищенной воды и снизить заболеваемость населения Украины.

Аналізується вплив використання населенням України неякісної питної води за різними областями. Запропоновано варіанти вирішення проблеми очищення води за допомогою альтернативних технологічних процесів, що дають можливість поліпшити якість очищеної води та знизити захворювання населення України.

In the article is given the analysis of the impact pollutions in drinking water which are unsafe to population in different Ukrainian areas. It is suggested some kind of solutions to the problem of clean water through alternative manufacturing processes. It is undisputable fact that they improved quality of treated water and reduce disease in Ukraine.

Ключевые слова: питьевая вода, обеззараживание, заболеваемость, качество воды, органические соединения, хлорорганические соединения, мутагенный риск, минеральные воды.

Достоверно известно, что длительное использование питьевой воды с несоответствием качества по гигиеническим требованиям обуславливает развитие различных заболеваний у населения. Это подтверждается многочисленными исследованиями, которые проводили учёные-медики и специалисты в области водоподготовки. Неблагоприятное биологическое воздействие избыточного поступления в организм ряда химических веществ проявляется не только в повышении общей или специфической заболеваемости, но и в изменении отдельных патологий, свидетельствующих о начальных сдвигах в организме человека.

Качество воды поверхностных водных источников с каждым го-