

ЗМІНА ЯКОСТІ ПИТНОЇ ВОДИ І ОПОРУ ТРУБОПРОВОДУ ПРИ ТРАНСПОРТУВАННІ ЇЇ ПО ВОДОПРОВІДНИХ ТРУБАХ

Євген Павлов¹, Олег Ліфанов²

Київський національний університет будівництва і архітектури
31, пр. Повітрофлотський, м. Київ, Україна, 03037

¹канд. техн. наук, pavlov.yei@knuba.edu.ua, orcid.org/0000-0002-9487-5136

²канд. техн. наук, lifanov.om@knuba.edu.ua, orcid.org/0000-0002-5206-0908

DOI: 10.32347/2524-0021.2022.38.50-54

Анотація. Транспортування води питної якості по водопровідній мережі це складна і важлива проблема, для вирішення якої необхідно розв'язання багатьох практичних задач. Так, водопровідна мережа розраховується на режим максимального водоспоживання в населеному пункті, а період експлуатації мережі характеризується не тільки максимальним водоспоживанням, а і мінімальним водокористуванням, яке має місце в нічні години. Отже швидкості течії води по трубах будуть змінюватись на протязі доби від максимальних до мінімальних, а на деяких ділянках падатимуть до нуля і навіть змінюватимуть напрямок течії. Така ситуація сприяє утворенню на внутрішній поверхні водопровідних труб біологічної плівки, яка розвивається на всіх видах матеріалу труб (бетон, пластмаса, сталь, чавун, мідь). Години мінімального водоспоживання, що характеризуються малими швидкостями течії води, є сприятливими для процесу закріплення бактерій на внутрішній поверхні труб і утворення локальних колоній, що руйнують матеріал трубопроводу.

Особлива увага приділена залізобактеріям, які окислюють закисне залізо, перетворюючи його в окисне. Цей процес супроводжується випадінням осаду – гідрооксиду заліза. Отже, в процесі життєдіяльності залізобактерій в середині трубопроводів, утворюється рухомий осад, який зменшує діаметр труб, а вода отримує іржаво-червону окраску і неприємний запах.

Звертається увага на те, що деякі артезіанські води, які використовуються для водопостачання населення, містять сірководень. При потраплянні в такі води кисню, в них починається розвиток нитчастих сіркобактерій. За зовнішнім виглядом нитчасті сіркобактерії (*Beggiatoacea*) нагадують довгі пучки сивого волосся, а затори, що утворюються з нитчастих сіркобактерій, швидко збільшуються в об'ємі, закупорюють живий переріз труб і насичують питну воду неприємним запахом.

Ключові слова: залізобактерії, життєдіяльність бактерій, транспортування питної води, швидкості руху води, руйнація внутрішньої поверхні трубопроводу, нитчасті сіркобактерії.

ВСТУП

Основною задачею системи водопостачання є подача води споживачам в необхідній кількості і з відповідною якістю. Населенню подається вода для господарсько-питних потреб. Вона повинна відповідати ДСТУ 7525:2014 «Вода питна» [1]. Якщо централізованою системою

водопостачання транспортується вода, що одночасно призначена для господарсько-питних та технологічних потреб, то вона також повинна відповідати вимогам вищевказаного стандарту.

Для транспортування води споживачам застосовуються сталеві, чавунні, пластикові, азбестоцементні та залізобетонні

труби. В процесі експлуатації внутрішня поверхня водопровідних труб зазнає різного типу ушкоджень. Характер ушкоджень залежить від режиму течії води по трубах та її фізико-хімічних властивостей.

ОСНОВНИЙ МАТЕРІАЛ

Міські водопровідні мережі розраховуються на годину максимального водоспоживання, коли по трубах будуть транспортуватися максимальні витрати [2], отже і швидкості течії також будуть максимальними ($v = 1,20 \div 1,80 \text{ м/с}$). В години мінімального водоспоживання швидкості руху води в мережі значно

зменшуються, а на деяких ділянках падають до нуля і навіть змінюють напрямок руху. Така ситуація сприяє появі на внутрішній поверхні водопровідних труб біологічної плівки, яка розвивається на всіх типах матеріалу труб без виключення. Ця плівка вилучає для себе їстівні речовини з води, що транспортується трубою. Починається процес мікробіального обростання. Результати ряду досліджень вказують на те, що біологічна плівка в пластикових трубах може бути менш значущою, ніж в трубах з інших матеріалів, завдяки, ймовірно, гладкій поверхні пластмасових труб, яка затрудняє закріплення біологічної плівки на такій поверхні.

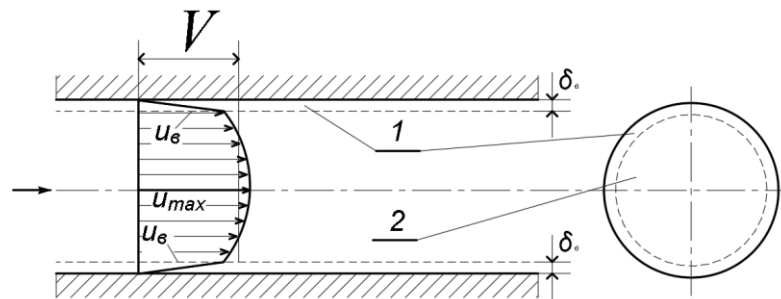


Рис.1. Характерна епюра швидкостей в круглій трубі: 1 – зона в'язкого тертя; ламінарний прошарок; 2 – турбулентне ядро потоку

Fig.1. Characteristic plot of velocities in a round tube: 1 – zone of viscous friction; laminar layer; 2 – turbulent flow core

Епюра швидкостей при русі рідини по трубах показана на рис.1. Потік можна розділити на дві різко відмінні по структурі зони. Безпосередньо біля стінки трубопроводу утворюється дуже тонка зона в'язкого руху – в'язкий підшар. Рух рідини у в'язкому підшарі ламінарний з дуже малими швидкостями. Інша частина потоку являє собою зону турбулентного руху – турбулентне ядро потоку. В цій зоні відбувається хаотичне перемішування шарів рідини, а швидкості руху – максимальні. Отже, характеризуючи

характер руху води в трубі, приходимо до висновку, що бактерії, які транспортуються центральною частиною потоку, внаслідок перемішування шарів рідини, потрапляють в зону в'язкого руху, в ламінарний підшар. Незначні швидкості, що притаманні цій зоні, сприяють процесу закріплення бактерій на внутрішній поверхні трубопроводів і утворення в подальшому локальних колоній, які руйнують матеріал трубопроводу (рис. 2).



Рис.2. Приклади внутрішнього мікробіального обростання трубопроводів
Fig.2. Examples of internal microbial fouling of pipelines

Особливу увагу, з точки зору мікробіального обростання трубопроводів питної води, слід приділити залізобактеріям, які закріплюються на внутрішній поверхні сталевих і чавунних труб при концентрації в воді $0,8 \div 1,0$ мг/л. Залізобактерії окислюють закисне залізо, переводячи його в окисне. Закисне залізо розчинне в воді, окисне, - нерозчинне, а процес окислення закисного заліза супроводжується випадінням осаду, - гідрооксиду заліза ($Fe_2O_3 \times nH_2O$). Отже в процесі життєдіяльності залізобактерій утворюється рухомий осад, який зменшує діаметр труб і створює додатковий опір руху води по трубах, а сама вода отримує ще й іржаво-червону окраску і неприємний запах.

Таким чином, діяльність залізобактерій призводить до погіршення якості води, що транспортується споживачам, внаслідок випадіння з води заліза, яке може потрапляти в водопровідну мережу або із джерел водопостачання, або безпосередньо з матеріалу труб.

Слід зазначити, що спільним для всіх мікроорганізмів, які утворюють обростання водопровідних труб та будь яких підводних споруд, є те, що майже всі вони аероби, а значить життєдіяльність таких бактерій носить окислювальний

характер. В процесі дихання залізобактерії виділяють вуглекислий газ, а це і є однією з найважливіших причин, яка викликає корозію труб та будь яких споруд, що знаходяться під водою. Обростання рослинного походження натомість запобігають корозії, оскільки водорості поглинають вуглекислоту і утворюють відкладання у вигляді карбонату кальцію [3,4,5].

В деяких артезіанських водах, що використовуються для водопостачання населення, міститься сірководень. При потраплянні в такі води кисню, в них починається в них починається інтенсивний розвиток нитчастих сіркобактерій [3,5]. Нитчасті сіркобактерії (*Beggiatoacea*) окислюють сірководень до звичайної сірки. По зовнішньому вигляду сіркобактерії нагадують довгі пучки сивого волосся, а затори, що утворюються із сіркобактерій, швидко збільшуються в об'ємі і закупорюють живий переріз труб.

Отже труби і водоводи та інші водопровідні споруди, що знаходяться у воді, часто заростають мікроорганізмами. Ступінь заростання живого перерізу трубопроводу може бути настільки значним, що їх робота майже зупиняється, а іноді стає зовсім неможливою (рис.3).



Рис.3. Закупорка трубопроводу внаслідок мікробіологічного обростання
Fig.3. Clogging of the pipeline due to microbiological fouling.

З усіх мікроорганізмів, які найчастіше за всіх інших викликають таку закупорку слід виділити залізобактерії, молюски, та деякі водорості [4]. Бактерії та інші органічні речовини, що утворюють затори в питній воді, яка транспортується по трубах, з часом починають розкладатись в анаеробних умовах, а це призводить до утворення сполук з неприємним запахом.

ВИСНОВОК

Отже необхідно констатувати, що питна вода, при транспортуванні споживачам по трубах, змінює якість та фізичні властивості. Якість води погіршується внаслідок придбання забарвлення і неприємного запаху. Що стосується труб, то вони піддаються корозії та біологічному обростанню, а це ускладнює гідравлічний режим їх роботи.

Для точних і обґрунтованих гідравлічних розрахунків необхідно прогнозувати динаміку росту шорсткості внутрішньої поверхні труб. Збільшення шорсткості в процесі експлуатації (на самому її початку) можливо визначити за формулою Альтшуля [6]:

$$k_t = k_0 + at$$

де: k_0 – абсолютна еквівалентна шорсткість для нових труб (на початку експлуатації), мм; k_t – те ж саме, через t років експлуатації; a – коефіцієнт, що характеризує швидкість збільшення шорсткості, $\frac{\text{мм}}{\text{рік}}$, який залежить від матеріалу труб та фізико-хімічних властивостей

води. Наведена формула потребує уточнень і більш детального обстеження.

ЛІТЕРАТУРА

1. ДСТУ 7525:2014 Вода питна. Вимоги та методи контролювання якості. К., Мінекомрозвитку України, 2014, 25 с.
2. ДБН В.2.5-74:2013 Водопостачання. Основні положення проектування. К., Мінрегіон України, 2013, 295 с.
3. Рубенчик Л. И. Микроорганизмы как фактор коррозии бетонов и металлов // Докл. АН УССР. К., 1950, 65 с.
4. Вернигорова В. Н., Королев Е. В., Еремкин А. И., Соколова Ю. А. Коррозия строительных материалов. Монография, Москва, Палеотип, 2007, 175 с.
5. Баланчик Р., Закова В. Микробиологическая коррозия. М.: Химия, 1965. 256 с.
6. Калякин А. М., Сауткина Т. Н., Чеснокова Е. В. Прогнозирование роста шероховатости внутренней поверхности водопроводных труб в начале процесса зарастания. Международный научно-исследовательский журнал, 2014, 1(20). С. 55-57.

REFERENCES

1. Ministry of Economic Development of Ukraine (2014) *Drinking water. Requirements and methods of quality control: DSTU 7525: 2014* [in Ukrainian]
2. Ministry of Regional Development, Construction and Housing of Ukraine (2013) *Water supply. Basic design provisions: DBN B.2.5-74:2013.* [in Ukrainian]
3. Rubenychuk, L. I. (1950) Mikroorganizmy kak faktor korrozii betonov i metallov. *Dokl. AN USSR.* Kyiv. [in Russian]

4. Vernihorova, V. N., Korol'ov, E. V., Yeremkin, A. I., & Sokolova, Yu. A. (2007) *Korroziya stroitel'nykh materialov*. Monografiya, Moskva, Paleotip. [in Russian]
5. Balanchyk, R., & Zakova, V. (1965) *Mikrobiologicheskaya koroziya*. Moskva, Khimiya. [in Russian]

7. Kalyakin, A. M., Sautkina, T. N., & Chesnokova, E. V. (2014) Growth prediction inner surface roughness of water pipes at the beginning of overgrowing. *International Research Journal*, 1(20). 55-57. <https://doi.org/10.18454/IRJ.2227-6017>

Changing the quality of drinking water and the resistance of the pipeline when transporting it through water pipes

Yevhen Pavlov, Oleg Lifanov

Abstract. Transportation of drinking water on the water supply network is a complex and important problem, which requires many practical problems. Thus, the water supply network is designed for the regime of maximum water consumption in the settlement, and the period of operation of the network is characterized not only by maximum water consumption, but also by minimum water use, which takes place at night. Therefore, the velocities of water flow through the pipes will change during the day from maximum to minimum, and in some areas will fall to zero and even change the direction of flow. This situation contributes to the formation on the inner surface of water pipes of biological film, which develops on all types of pipe material (concrete, plastic, steel, cast iron, copper). Hours of minimal water consumption, characterized by low water flow rates, are favorable for the process of fixing bacteria on the inner surface of the pipes and the formation of local colonies that destroy the material of the pipeline.

Special attention is paid to iron bacteria, which oxidize iron oxide, turning it into oxidative. This process is accompanied by precipitation, - hydroxide. Therefore, in the process of vital activity of iron bacteria in the middle of the pipelines formed a mobile sediment, which reduces the diameter of the pipes, and the water gets a rusty-red color and an unpleasant odor.

Attention is drawn to the fact that some artesian waters used for water supply of the population contain hydrogen sulfide. When oxygen enters such bodies, they begin to develop filamentous sulfur bacteria. In appearance filamentous sulfur bacteria (Beggiaroacea) resemble long tufts of gray hair, and congestion, formed from filamentous sulfur bacteria rapidly increase in volume and clog the living section of the pipes, saturating the drinking water with an unpleasant odor.

Therefore, bacteria transported through the pipes together with drinking water degrade its quality, saturating the water with an unpleasant odor, clog the living section of the pipes and destroy the inner surface of the pipes and destroy the inner surface of the pipes due to corrosion.

Key words: iron bacteria, bacterial activity, transportation of drinking water, water velocity, destruction of the inner surface of the pipeline, filamentous sulfur bacteria.

Стаття надійшла до редакції 12.01.2022