

Представлено аналіз результатів дослідження зміни якості води у розподільній мережі системи централізованого водопостачання м. Львів. Виявлено причини зміни показників якості води. Якість води, що надходить до споживачів, відповідає нормативам, що ставляться до питної води. Подано рекомендації щодо недопущення погіршення якості води

Ключові слова: якість води, фізіологічна повноцінність, розподільна мережа, централізоване водопостачання, здоров'я людини

Представлен анализ результатов исследования изменения качества воды в распределительной сети системы централизованного водоснабжения г. Львов. Выявлены причины изменения показателей качества воды. Качество воды, поступающей к потребителям, соответствует нормативам, предъявляемым к питьевой воде. Даны рекомендации по недопущению ухудшения качества воды

Ключевые слова: качество воды, физиологическая полноценность, распределительная сеть, централизованное водоснабжение, здоровье человека

УДК 628.1.03

DOI: 10.15587/1729-4061.2015.56225

ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКОСТІ ВОДИ У РОЗПОДІЛЬНІЙ МЕРЕЖІ СИСТЕМИ ЦЕНТРАЛІЗОВАНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ М. ЛЬВІВ

О. О. Мацієвська

Кандидат технічних наук, доцент
Кафедра гідравліки і сантехнікиНаціональний університет
«Львівська політехніка»

вул. С. Бандери, 12, м. Львів, Україна, 79013

E-mail: Ok_M@ukr.net

1. Вступ

Якість питної води та забезпечення нею населення є однією з головних проблем у світі. Значна кількість мешканців планети потерпає від нестачі якісної питної води, що безпосередньо загрожує стану їх здоров'я.

Джерелами водопостачання м. Львів є підземні водоносні пласти. Попередніми дослідження встановлено – якість води, що надходить у розподільну мережу централізованого водопостачання м. Львів, у контрольних точках (на межі міста) та на насосних станціях відповідає вимогам ДСанПіН 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» (затверджені наказом Міністерства охорони здоров'я України № 400 від 12 травня 2010 р.) [1].

Частина мешканців м. Львова для питних потреб використовує воду нецентралізованого питного водопостачання, зокрема фасовану. Але лівова частка городян споживає воду з комунального водопроводу. Однак, під час транспортування води мережею розподільних трубопроводів до споживачів її якість може змінюватися.

З огляду на викладене вище актуальним є дослідження можливості зміни якості води у міській розподільній мережі централізованого водопостачання.

2. Аналіз літературних даних та постановка проблеми

Головними причинами вторинного забруднення води у трубопроводах є: тривалість їх експлуатації, матеріал труб, протяжність мережі, зношеність трубопроводів, зміна гідравлічного режиму роботи ділянок мережі, зовнішнє та внутрішнє захисне покрит-

тя трубопроводу, корозія металевих труб, утворення осаду та біоплівки на внутрішній поверхні трубопроводів тощо.

Складність хімічних, фізичних та біологічних процесів у розподільних мережах унеможливує впровадження детермінованих моделей виявлення причин забруднення води за декількома показниками її якості. Тому у літературі розглядаються випадки загрози виникнення вторинного забруднення води переважно окремо для кожного з показників якості води. Найбільш значущим показником, що безпосередньо впливає на здоров'я людини через ризик виникнення шлунково-кишкових захворювань є показник епідемічної безпеки питної води. У світовому масштабі забруднення води патогенними мікроорганізмами порівняно із забрудненням води хімічними речовинами визнано таким, що становить найбільшу небезпеку питній воді [2, 3].

Погіршення епідемічної безпеки питної води у розподільній мережі виникає внаслідок іржавіння труб та тривалого терміну їх експлуатації, що призводить до проривів труб, а отже до проникнення у транспортоване середовище патогенних мікроорганізмів. Індикатором такого забруднення є зменшення концентрації вільного залишкового хлору у воді [4–6].

Витрачання хлору на його реакцію у воді з органічними та неорганічними речовинами з можливим утворенням потенційно небезпечних для здоров'я людини вторинних продуктів дезінфекції безпосередньо пов'язано зі збільшенням тривалості знаходження води у водопровідній мережі [7]. Останнім часом мешканці Львова відбирають з міського водопроводу менше води через збільшення вартості послуг з водопостачання та водовідведення. Робота існуючої трубопроводної мережі, розрахованої на більшу пропускну здатність, у

таких умовах призводитиме до зменшення швидкості руху води та збільшення тривалості знаходження води у мережі, а отже, до зменшення нормованої концентрації вільного залишкового хлору у воді. Для системи водопостачання м. Львів досліджень щодо зміни такої концентрації не проводилося.

Завищені діаметри труб розподільної мережі є причиною погіршення гідравлічних показників її роботи. У цьому випадку ефективними будуть заходи з підвищення ефективності їх функціонування [8, 9].

Основним матеріалом розподільних трубопроводів у Львові є чавун, сталь та останнім часом широко поширювані – полімерні матеріали. Внутрішні санітарно-технічні системи водопостачання будівель виконують також й з мідних труб. Залежно від умов експлуатації та матеріалу труб вода може збагачуватися певними хімічними сполуками. Наприклад, мідні труби проковують збільшення у воді концентрації міді, чавунні та сталеві – заліза. Головною причиною вивільнення у рідину хімічних елементів є корозійні процеси, інтенсивність проходження яких безпосередньо залежить від властивостей транспортованої води. Слід також зазначити, що корозія металевих труб також сприятиме утворенню на внутрішній поверхні трубопроводів біоплівки, заселеної патогенним мікроорганізмами.

Для уникнення корозії як внутрішньої, так і зовнішньої поверхні металевих труб використовують різноманітні види захисних покриттів, зокрема на основі цементу. При цьому у транспортованій воді збільшуються значення каламутності, рН, лужності та твердості, концентрації хлоридів і сульфатів, сухого залишку та зменшується вміст діоксиду вуглецю. Вода поступово втрачає агресивні властивості, проте стає нестабільною, тобто здатною викликати утворення осаду карбонату кальцію, що свідчить про перехід у воду хімічних елементів цементного покриття. Вилуговування хімічних елементів із покриття інтенсифікується за транспортування хлорованої води. У воді значно збільшується вміст цинку, бору та галію, незначно – натрію, заліза, барію та магнію. Але їх концентрації є меншими за допустимі для питної води [10].

Мідні трубопроводи є стійкими до корозії, проте кородують за транспортування води з незначною твердістю, низьким значенням рН, значним вмістом розчиненого кисню та сполук хлору. Труби з низьковуглецевої сталі кородують за значного вмісту розчиненого кисню у воді. Агресивна вода призводить до поверхневої ерозії чавунних труб [11].

Швидкість вивільнення заліза зменшується зі збільшенням рН, лужності та концентрації розчиненого кисню у воді. Проте ця швидкість зростає зі збільшенням вмісту хлоридів у воді. Необхідною умовою регулювання надходження заліза у питну воду є: рН понад 7,6; лужність і вміст розчиненого кисню понад 150 мг/дм³ та 2 мгО₂/дм³ відповідно; концентрація хлоридів – до 150 мг/дм³ [12]. Дані висновки підтверджуються результатами дослідження процесу вивільнення свинцю та заліза із труб ПВХ, ПП та оцинкованого заліза. Також доведено, що концентрації свинцю та заліза збільшуються зі збільшенням співвідношення концентрацій хлоридів і сульфатів у воді для всіх типів труб. Найбільше заліза вилуговувалося із

труби з оцинкованого заліза, свинцю – із ПВХ труби порівняно з поліпропіленовою [13].

Істотним недоліком пластикових труб є дифузія у воду органічних речовин, що містяться як добавки у складі полімерного матеріалу. Внаслідок цього запах і смак питної води значно погіршується. Крім цього вивільнені з матеріалу пластикових труб органічні речовини утворюють на стінках труб біоплівки, заселені різноманітними мікроорганізмами, для яких органічні речовини є джерелом харчування [14].

Для спостереження за змінами якості води та попередження захворювання населення внаслідок споживання водопровідної води пропонуються системи моніторингу, зокрема Smart-системи [15, 16].

Викладене вище доводить, що під час транспортування розподільною мережею якість води змінюватиметься. Основний акцент робиться на показник епідеміологічної безпеки питної води. Проте, у попередніх дослідженнях якість питної води не розглядалася з точки зору фізіологічної повноцінності її мінерального складу.

Система водопостачання почала закладатися у Львові з 1901 р. Протяжність міської розподільної мережі становить понад 1000 км. Складність питання якості питної води полягає у змішуванні води різних водозаборів у міській водопровідній мережі. Комплексних досліджень порівняння якості води на «вході» та «виході» (у споживачів) розподільної мережі для м. Львова до сих пір проведено не було.

3. Мета та задачі дослідження

Метою дослідження було визначення якості води у розподільній мережі системи централізованого водопостачання м. Львів, а також визначення факторів, що впливають на зміну показників її якості.

Для досягнення визначеної мети були поставлені такі задачі:

- проаналізувати технологічні параметри роботи трубопроводів розподільної мережі міста: трасу та протяжність водопроводу від насосної станції до споживача, діаметр окремих ділянок траси, діаметр труби вводу в будинок, матеріал та термін експлуатації трубопроводу, тип аварійних робіт протягом 2008–2014 рр. на ділянці вводу в будинок;
- проаналізувати зміну якості води під час її транспортування від насосних станцій (на межі міста) до споживачів;
- визначити основні фактори, що впливають на зміну якості води під час її транспортування;
- оцінити відповідність якості води, що надходить до споживачів розподільною мережею, вимогам ДСан-ПіН 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною», зокрема щодо фізіологічної повноцінності її мінерального складу.

4. Матеріали та методи дослідження якості води у розподільній мережі системи централізованого водопостачання м. Львів

Під час досліджень проведено збір, аналіз та узагальнення даних щодо технологічних параметрів ро-

боти розподільної мережі системи централізованого водопостачання м. Львів, наданих ЛМКП «Львівводоканал». Під час дослідження зміни якості води у розподільній мережі системи централізованого водопостачання міста були використані дані хімічної лабораторії ЛМКП «Львівводоканал». Проведено аналіз показників якості питної води, відібраної у споживачів – мешканців різних районів міста, на відповідність вимогам ДСанПіН 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною».

Місто Львів поділене на шість адміністративних районів: Шевченківський, Личаківський, Сихівський, Франківський, Залізничний та Галицький (рис. 1). У кожен адміністративний район подається вода з певних насосних станцій, проте у межах міста вода з різних водозборів змішується. Для проведення досліджень відібрано 8 проб води з мережі господарсько-питного водопостачання за адресами: вул. Масарика, 3 (Шевченківський район); вул. Китайська, 14 (Личаківський район); вул. Майорівка, 1 (Личаківський район); вул. Драгана, 14 (Сихівський район); вул. Пулюя, 34 (Франківський район); вул. Любінська, 98 (Залізничний район); вул. Кольберга, 6 (Галицький район); вул. Вітовського, 53 (Галицький район).



Рис. 1. Схема адміністративного поділу м. Львів на райони: 1 – Шевченківський; 2 – Личаківський; 3 – Сихівський; 4 – Франківський; 5 – Залізничний; 6 – Галицький

5. Результати дослідження якості води у розподільній мережі системи централізованого водопостачання м. Львів

Результати дослідження технологічних параметрів роботи трубопроводів розподільної мережі міста, зокрема траса водопроводу на ділянці вводу у будинок із зазначенням діаметра окремих ділянок траси від насосної станції до споживача та діаметра труби вводу в будинок показані на рис. 2–9.

За даними ЛМКП «Львівводоканал» (м. Львів, Україна) визначено робочі параметри трубопроводів розподільної мережі міста (діаметр трубопроводу від насосної станції, діаметр труби вводу в будинок, матеріал та термін експлуатації трубопроводу, тип аварійних робіт протягом 2008–2014 рр. на ділянці вводу в будинок).

Результати подані у табл. 1. Результати порівняння якості води на насосних станціях (початок розподільної водопровідної мережі) та у споживачів (кінець розподільної водопровідної мережі) подані у табл. 2.

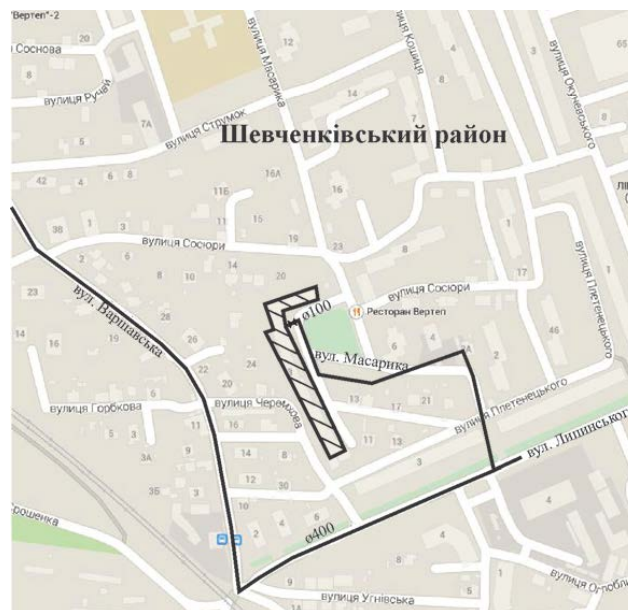


Рис. 2. Схема розташування досліджуваної ділянки водопровідної мережі вул. Масарика, 3 (Шевченківський район): насосна станція “Збойськ” ø600 – вул. Багалія ø600 – вул. Щурата ø600 – вул. П. Орлика ø600 – вул. Топольна ø600 – вул. Кругла ø600 – вул. Під Голоском ø600 – вул. На Нивах ø600 – вул. Малоголовківська ø600 – вул. Млинова ø500 – вул. Загули ø400 – вул. Варшавська ø400 – вул. Липинського ø400 – вул. Масарика, 3 (ввід у будинок через ЦТП – сталева труба ø100)

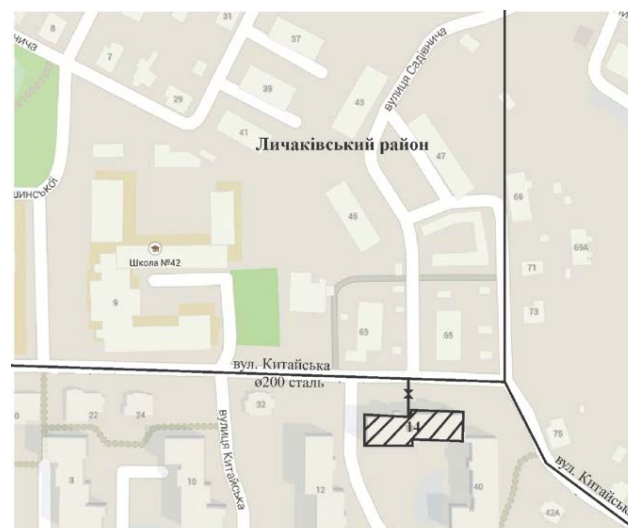


Рис. 3. Схема розташування досліджуваної ділянки водопровідної мережі вул. Китайська, 14 (Личаківський район): насосна станція “Довга” ø600 – вул. Табірна ø600 – вул. Кошова ø600 – вул. Козацька ø600 – вул. Тракт Глинянський ø600 – вул. Голинського ø600 – вул. Голубця ø600 – вул. Грибова ø600 – вул. Пасічна ø500 – вул. Китайська, 14, ø200



Рис. 4. Схема розташування досліджуваної ділянки водопровідної мережі вул. Майорівка, 1 (Личаківський район): насосна станція “Кривчиці” ø500 – вул. Козацька ø600 – вул. Тракт Глинянський ø600 – вул. Голинського ø600 – вул. Голубця ø600 – вул. Грибова ø600 – вул. Пасічна ø500 – вул. Медової Печери ø400 – вул. Медової Печери, 69А (ЦТП) ø200–вул. Майорівка, 1 (ввід у будинок – сталева труба ø150)

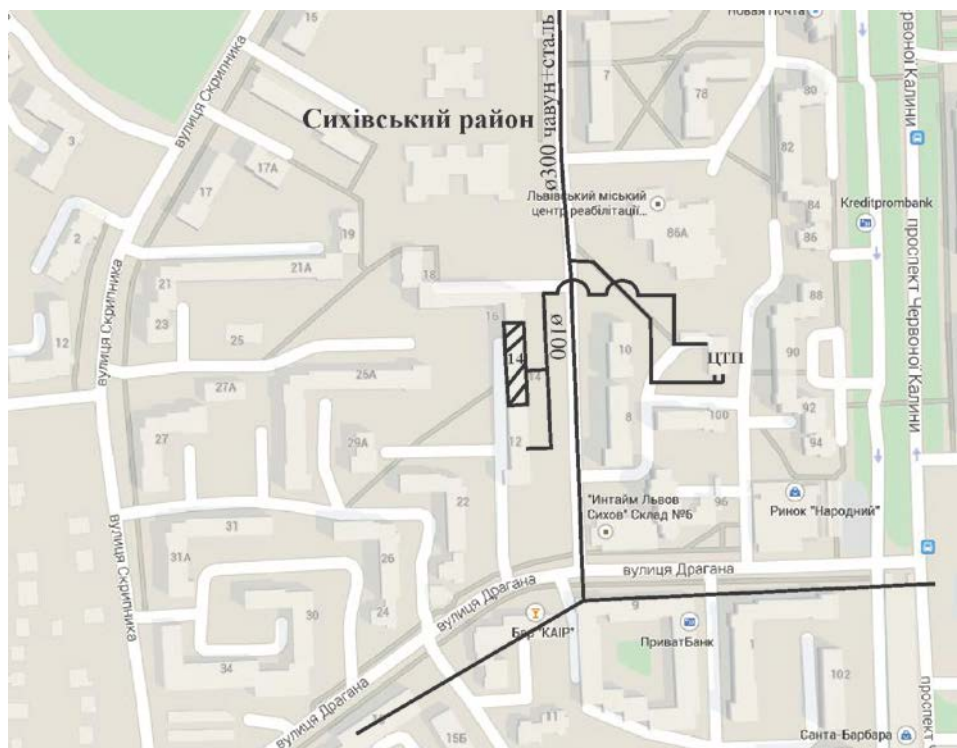


Рис. 5. Схема розташування досліджуваної ділянки водопровідної мережі вул. Драгана, 14 (Сихівський район): насосна станція “Сокильники” ø1240 – вул. Стрийська ø1240 – вул. Хуторівка ø500 – вул. Чукаріна ø500 – вул. Червоної Калини ø500 – вул. Драгана ø300 – вул. Драгана, 14 (ввід у будинок через ЦТП – труба чавун-сталь ø100)



Рис. 6. Схема розташування досліджуваної ділянки водопровідної мережі вул. Пулюя, 34 (Франківський район): насосна станція “Сокільники” Ø1240 – вул. Стрийська Ø1240 – вул. Наукова Ø500–400 – вул. Кн.Ольги Ø300 – вул. Трускавецька Ø300 – візка на вул. Пулюя, 34 Ø100 (чавун – поліетилен) – вул. Кульпарківська Ø500

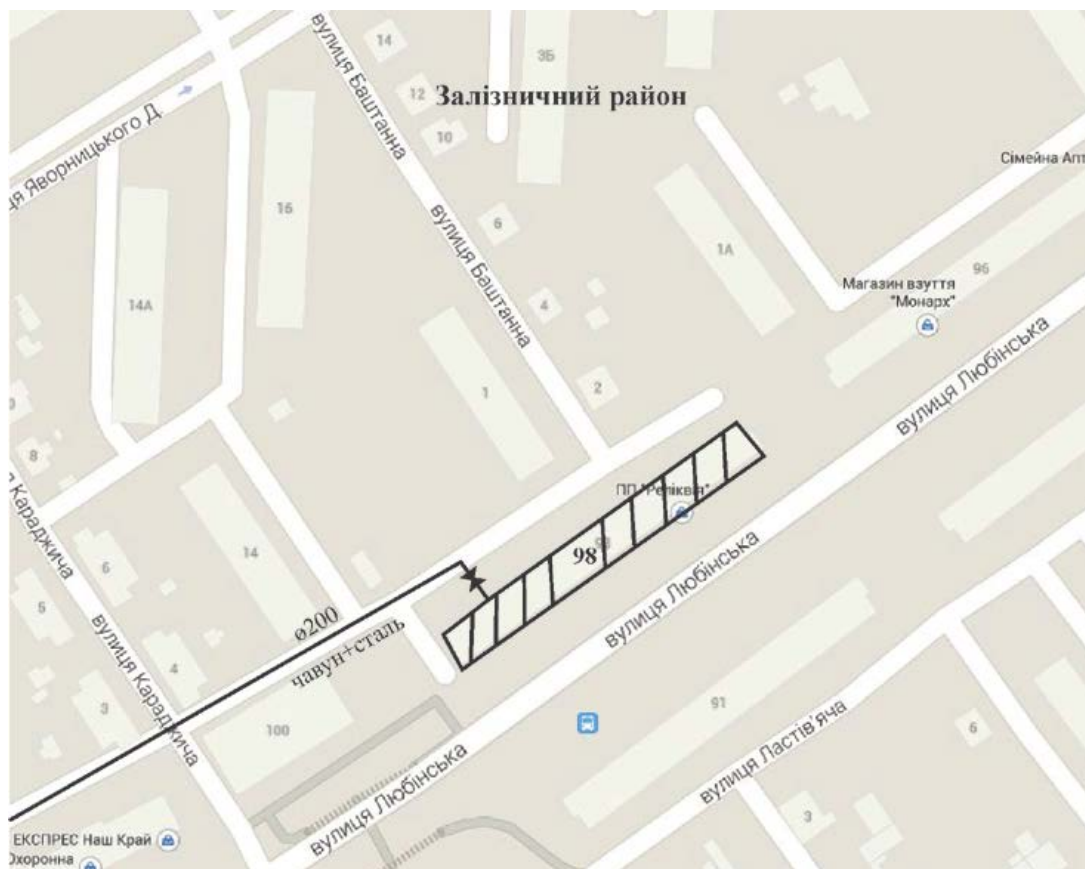


Рис. 7. Схема розташування досліджуваної ділянки водопровідної мережі вул. Любінська, 98 (Залізничний район): насосна станція “Будзень” Ø900 – вул. Конюшина Ø900 – вул. П’ясецького Ø800 – вул. Полковника Болбочана Ø800 – вул. Ганцова Ø800 – вул. Курмановича Ø800 – вул. Патона Ø700 – вул. Ряшівська Ø600 – вул. Сигнівська Ø600 – вул. Виговського Ø600 – вул. Любінська, 98 (ввід у будинок – труба чавун-сталь Ø200)



Рис. 8. Схема розташування досліджуваної ділянки водопровідної мережі вул. Кольберга, 6 (Галицький район): насосна станція “Сокільники” $\varnothing 1240$ – вул. Стрийська $\varnothing 1240$ – вул. Наукова $\varnothing 500$ – вул. Кульпарківська $\varnothing 400$ – вул. Героїв УПА $\varnothing 500$ – вул. С.Бандери $\varnothing 200$ – вул. Кольберга, 6 (ввід у будинок – чавунна труба $\varnothing 100$)

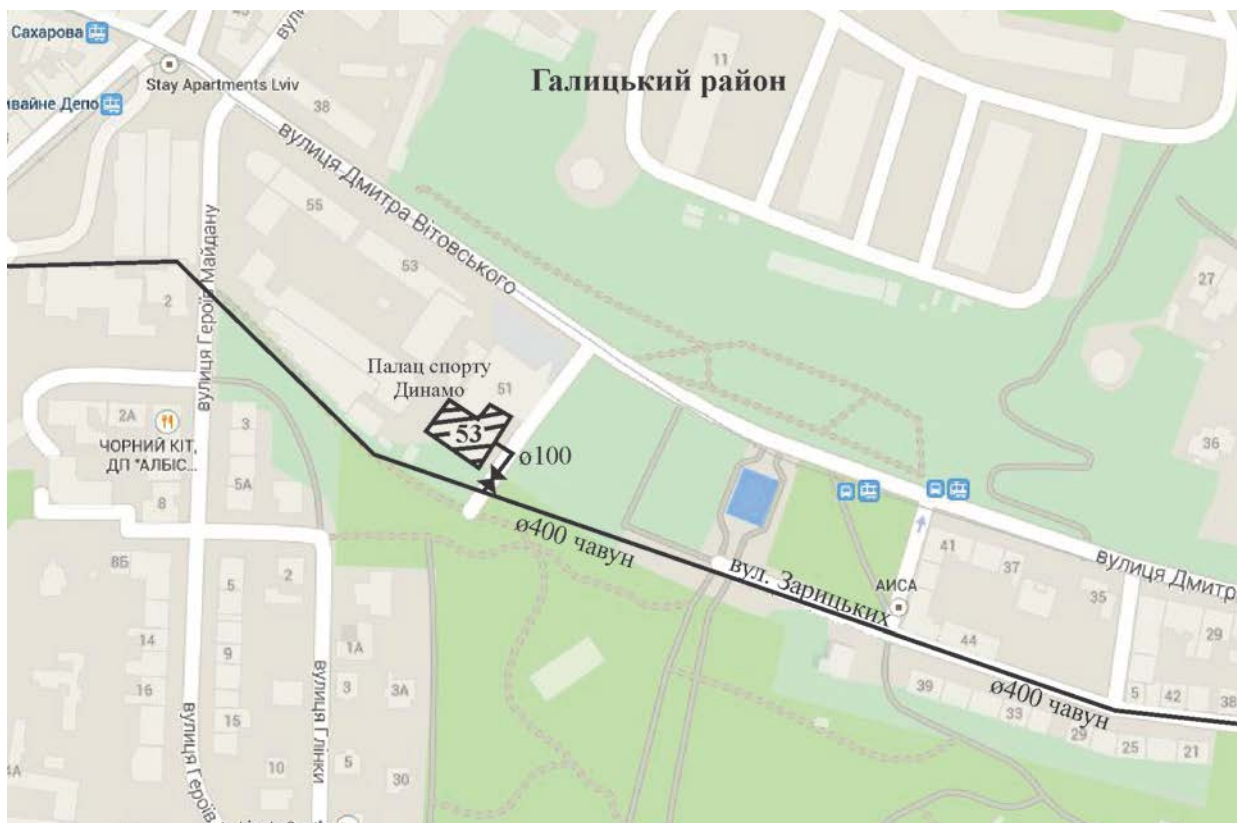


Рис. 9. Схема розташування досліджуваної ділянки водопровідної мережі вул. Вітовського, 53 (Галицький район): насосна станція “Сокільники” $\varnothing 1240$ – вул. Хуторівка $\varnothing 500$ – вул. П. Мирного $\varnothing 500$ – вул. Стуса $\varnothing 500$ – вул. Зелена $\varnothing 400$ – вул. Тарнавського $\varnothing 400$ – вул. Тютюнників $\varnothing 400$ – вул. Волоська $\varnothing 400$ – вул. Зарицьких $\varnothing 400$ – вул. Вітовського, 53 (ввід у будинок – чавунна труба $\varnothing 100$)

Таблиця 1

Робочі параметри трубопроводів розподільної мережі м. Львів

Насосна станція	Діаметр трубо-проводу від насосної станції, мм	Адреса споживача	Діаметр труби вводу в будинок, мм	Матеріал трубо-проводу	Термін експлуатації трубопрово-ду, роки	Протяжність трубопроводу від насосної станції до споживача, м	Тип аварійних робіт
Сокільники	1240	вул. Кольберга, 6	100	Чавун	> 50	10 785	2010, 2014 рр.: корозія металу – заміна труби
Сокільники	1240	вул. Вітовського, 53	100	Чавун	> 50	6 761	2012 р.: корозія металу – хомут
Сокільники	1240	вул. Драгана, 14	300–100	Чавун, сталь	30	4 825	2008 р.: корозія металу – заміна труби; 2012 р.: корозія металу – хомут
Сокільники	1240	вул. Пулюя, 34	100	Чавун, ПЕ	30	4 796	2008 р.: розгерме-тизація стику – зачеканення стику; 2010 р.: корозія металу – хомут
Збойськ	600	вул. Масарика, 3	100	Чавун, сталь	2–3	6 961	2008 р.: ремонт засувки, корозія металу – хомут; 2010 р.: техогляд; 2012 р.: корозія металу – хомут
Довга	600	вул. Китайська, 14	200–100	Чавун, сталь, ПЕ	2–3	3 522	2008 р.: корозія металу – заміна труби; 2010, 2012, 2014 рр.: корозія металу – хомут
Будзень	900	вул. Любінська, 98	200–100	Чавун	> 50	6 179	2008 р.: корозія металу – хомут; 2012 р.: перелом трубопроводу – накладка
Кривчиці	500	вул. Майорівка, 1	150	ПЕ, сталь	2 20	6 895	2008, 2010 рр.: корозія металу – хомут

Таблиця 2

Показники якості проб води, відібраних на насосних станціях (межа міста) та у розподільній мережі м. Львів

Показник	Точка відбору проби води													
	н/с Со-кільни-ки	вул. Коль-берга, 6	вул. Вітов-ського, 53	вул. Драга-на, 14	вул. Пулюя, 34	н/с Збойськ	вул. Маса-рика, 3	н/с Довга	вул. Кита-йська, 14	н/с Бу-дзень	вул. Любін-ська, 98	н/с Кри-вчиці	вул. Майо-рівка, 1	
Санітарно-хімічні показники безпечності та якості питної води														
Запах за 20 °С, бал	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Запах за 60 °С, бал	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Кольоровість, град	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Каламутність, мг/дм ³	< 0,1	< 0,58	< 0,58	< 0,58	< 0,58	< 0,1	< 0,58	< 0,1	< 0,58	< 0,1	< 0,58	< 0,1	< 0,58	< 0,58
Смак і присмак за 20 °С, бал	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Водневий показник рН	7,52	7,42	7,46	7,12	7,59	7,30	7,29	7,35	7,35	7,37	7,53	7,32	7,32	7,32
Амонійний азот, мг/дм ³	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Нітриди, мг/дм ³	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,005	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,005	< 0,003	< 0,003
Нітрати, мг/дм ³	4,79	3,98	5,24	2,94	3,76	2,65	8,63	1,75	1,55	15,98	4,20	1,78	1,99	1,99
Залізо загальне, мг/дм ³	< 0,1	< 0,1	0,19	0,16	< 0,1	0,11	0,11	0,14	0,18	0,13	< 0,1	0,15	0,11	0,11
Твердість загальна, ммоль/дм ³	3,8	4,0	5,6	7,55	4,05	7,6	4,55	8,42	8,25	6,5	4,05	8,4	8,4	8,4
Лужність, ммоль/дм ³	3,9	3,8	4,7	6,2	3,8	6,4	3,8	6,83	6,5	5,1	3,8	6,7	6,6	6,6
Окисність, мг О ₂ /дм ³	0,87	0,96	–	1,76	0,96	1,53	0,88	1,34	1,04	1,73	1,04	1,28	1,12	1,12
Хлориди, мг/дм ³	13,9	12,5	11,0	23,0	12,0	22,9	8,0	11,78	12,3	23,5	12,5	12,6	12,0	12,0
Сухий залишок, мг/дм ³	322,07	–	–	–	–	591,07	–	632,13	–	496,62	–	613,62	–	–
Залишковий хлор, мг/дм ³	0,36	0,28	0,14	0,14	0,28	0,34	0,1	0,22	0,21	0,36	0,28	0,22	0,14	0,14
Характер осаду	Н.в.	Н.в.	Н.в.	Н.в.	Н.в.	Н.в.	Н.в.	Н.в.	Н.в.	Н.в.	Н.в.	Н.в.	Н.в.	Н.в.
Показники епідемічної безпеки питної води														
Загальне мікробне число, КУО/см ³	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Загальні коліформи, КУО/100 см ³	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ентерококи, КУО/100 см ³	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Примітки: Н.в. – не виявлено; “–” – показник не визначали

У відібраних пробах води сухий залишок не визначали. Ймовірно його значення буде близьке до значення сухого залишку у воді на насосних станціях.

У табл. 2 наведені деякі санітарно-хімічні показники безпечності та якості питної води. У подальших дослідженнях варто дослідити воду на вміст мікроелементів та органічних речовин, пов'язаних із застосуванням пластикових труб, зокрема у внутрішніх системах водопостачання будівель.

6. Обговорення результатів дослідження зміни якості води у розподільній мережі системи централізованого водопостачання м. Львів та виявлення факторів, які на це впливають

Питна вода на вул. Кольберга, 6 надходить з насосної станції “Сокільники” по трубопроводу діаметром 1240 мм на початковій ділянці. Протяжність мережі від насосної станції до споживача становить 10 785 м. У межах міста цей трубопровід з'єднується з іншими, внаслідок чого в ньому змішується вода з різних водозаборів. Термін експлуатації – понад 50 років. Матеріал трубопроводу – переважно чавун. Діаметр вводу у будинок – 100 мм. У 2010 та 2014 рр. на ділянці вводу проведено аварійні ремонтні роботи із заміни труб унаслідок їх корозії.

Порівняно з водою з насосної станції у пробі води, відібраній у споживача, незначно збільшені загальна твердість та окисність. Це пояснюється змішуванням вод з різних водозаборів, що мають різні загальну твердість та окисність.

До споживачів на вул. Вітовського, 53 вода надходить з насосної станції “Сокільники” по трубопроводу діаметром 1240 мм на початковій ділянці. Протяжність мережі значно менша порівняно з попередньою точкою відбору проби води – 6761 м, що істотно зменшує ризик забруднення води під час її транспортування. Матеріал трубопроводу – переважно чавун. Термін експлуатації – понад 50 років. Діаметр трубопроводу відгалуження від магістралі, прокладеного по вул. Заричьких – 100 мм. Такий же діаметр труби вводу у будинок. У 2012 р. виявлено корозію металевої труби, на аварійній ділянці якої встановлено хомут.

Під час транспортування у воді збільшуються такі показники: концентрація нітратів, загального заліза, загальна твердість, лужність.

До споживачів на вул. Драгана, 14 вода надходить з насосної станції “Сокільники” по чавунно-сталевому трубопроводу діаметром 1240 мм на початковій ділянці. Протяжність мережі – 4825 м, термін експлуатації – близько 30 років. Ввід у будинок влаштувано через центральний тепловий пункт (ЦТП) трубопроводом діаметром 300 мм. У 2008 та 2012 рр. виявлено корозію сталевих труб по вул. Драгана 14, пошкоджені ділянки замінені.

Під час транспортування у воді помітно збільшуються такі показники: загальна твердість, лужність, окисність, вміст загального заліза, хлоридів.

До споживачів на вул. Пулюя, 34 вода надходить з насосної станції “Сокільники” по трубопроводу (чавун-поліетилен) діаметром 1240 мм на початковій ділянці. Протяжність мережі – 4796 м, термін експлуатації – близько 30 років. У 2008 р. на ділянці чавунної труби діаметром 150 мм виявлено розгерметизацію

стику труб, проведено його зачеканення. У 2010 р. виявлено корозію металевої труби, на аварійну ділянку якої накладено хомут.

Під час транспортування незначно збільшуються загальна твердість, окисність та рН води.

До споживачів на вул. Масарика, 3 вода надходить з насосної станції “Збойськ” по трубопроводу діаметром 600 мм. Протяжність мережі – 6961 м. Трубопровід на цій ділянці новий, термін експлуатації – не більш як 3 роки. Матеріал трубопроводу – чавун, сталь. У 2008 р. проведено ремонт засувки та виявлено корозію металевої труби, в місці руйнування накладено хомут. У 2012 р. знову виявлено корозію металевої труби, накладено хомут.

У пробах води, відібраних у споживача, встановлено перевищення показників якості порівняно з такими на насосній станції за вмістом нітратів.

До споживачів на вул. Китайська, 14 вода надходить з насосної станції “Довга” по трубопроводу діаметром 600 мм. Протяжність мережі – 3522 м, термін експлуатації – не більш як 3 роки. Матеріал трубопроводу – чавун, сталь, поліетилен. У 2008 р. внаслідок корозії проведено заміну труби, у 2010, 2014 та 2014 рр. виявлено корозію металевих труб, яку ліквідовано за допомогою хомутів.

У пробах води, відібраних у споживача, встановлено незначне збільшення вмісту загального заліза та хлоридів.

До споживачів на вул. Любінська, 98 вода надходить з насосної станції “Будзень”. Чавунний трубопровід діаметром 900 мм прокладений у 1952 р. Протяжність мережі до споживача – 6179 м. У 2008 р. за допомогою хомута ліквідовано корозію металевої труби. У 2012 р. ліквідовано перелом труби влаштуванням накладки.

У пробах води, відібраних у споживача, виявлено незначне збільшення значення рН.

До споживачів на вул. Майорівка, 1 вода надходить з насосної станції “Кривчиці” по поліетиленовому трубопроводу (з вставками сталевих труб) діаметром 500 мм. Протяжність мережі – 6895 м. У 2008 та 2010 рр. виявлено корозію металевих труб, яку ліквідовано за допомогою хомутів.

У пробах води, відібраних у споживача, встановлено збільшення вмісту нітратів.

У воді усіх досліджуваних ділянок розподільної мережі зафіксовано зменшення концентрації вільного залишкового хлору.

Перевищення вимог фізіологічної повноцінності мінерального складу питної води зафіксовано за показником загальної твердості (норма – 1,5–7,0 ммоль/дм³) – у воді трьох досліджуваних ділянок та ймовірно показником сухого залишку (норма – 200–500 мг/дм³) – у воді чотирьох досліджуваних ділянок, куди подається вода з підвищеним солевмістом з водозаборів. Проте, ці значення не перевищують гранично допустимих меж для питної води, вказаних у ДСанПіН 2.2.4-171-10 – відповідно 10 ммоль/дм³ та 1500 мг/дм³.

7. Висновки

1. Розподільна мережа системи централізованого водопостачання м. Львів характеризується значної протяжністю та терміном експлуатації. Зменшення водоспоживання населенням міста вимагає перерахунку діаметрів труб окремих ділянок траси трубопроводів та

вводів у будинки. Головна причина аварійних ситуацій на ділянках вводу у будинки – корозія металевих труб.

2. Під час транспортування від насосних станцій (межа міста) до споживачів у двох пробах води виявлено порівняно значне збільшення значення загальної твердості та лужності. Значиме збільшення окисності води зафіксовано на одній досліджуваній ділянці. На двох досліджуваних ділянках спостерігалось значне збільшення концентрації загального заліза у воді. Під час транспортування води розподільною мережею у ній зменшується концентрація вільного залишкового хлору.

3. Підвищення загальної твердості та лужності води пояснюється змішуванням води з різних водозаборів у розподільній мережі. Зростання значення окисності води пояснюється можливими аварійними ситуаціями з потраплянням у трубопровід забруднювальних речовин органічного походження. Корозія ділянок розподільної мережі, що характеризуються тривалим терміном експлуатації та великою протяжністю, призводить до збільшення концентрації загального заліза у воді.

Зменшення вмісту вільного залишкового хлору у воді під час її транспортування до споживача свідчить про його витрачання на окиснення хімічних речовин, що містяться у воді, а також на знищення патогенних мікроорганізмів біоплівки на внутрішніх стінках труб.

4. Збільшення значень показників якості води на досліджуваних ділянках не перевищує гранично допустимих меж, вказаних у ДСанПіН 2.2.4-171-10. Вода відповідає гігієнічним вимогам до води питної, призначеної для споживання людиною. У трьох пробах води зафіксовано перевищення вимог фізіологічної повноцінності мінерального складу питної води за показником загальної твердості, у чотирьох – за ймовірним значенням сухого залишку.

У зв'язку з тривалим терміном експлуатації розподільної мережі та заміною труб із традиційних матеріалів пластиковими, що впливатиме на якість води, рекомендується впровадження сучасних систем моніторингу та моделювання зміни якості води у розподільній мережі.

Література

1. Мацієвська, О. О. Якість питної води, що надходить у мережу централізованого водопостачання м. Львів [Текст] / О. О. Мацієвська // Харчова наука і технологія. – 2013. – № 1 (22). – С. 87–89.
2. Summerscales, I. M. Application of risk assessment tools to small drinking water systems in British Columbia [Text] / I. M. Summerscales, E. A. McBean // Water Quality Research Journal of Canada. – 2011. – Vol. 46, Issue 4. – P. 332–344. doi: 10.2166/wqrj.2011.102
3. Malm, A. The association of drinking water treatment and distribution network disturbances with Health Call Centre contacts for gastrointestinal illness symptoms [Text] / A. Malm, G. Axelsson, L. Barregard, J. Ljungqvist, B. Forsberg, O. Bergstedt, Th. J. R. Pettersson // Water Research. – 2013. – Vol. 47, Issue 13. – P. 4474–4484. doi: 10.1016/j.watres.2013.05.003
4. Helbling, D. Modeling Residual Chlorine Response to a Microbial Contamination Event in Drinking Water Distribution Systems [Text] / D. Helbling, J. VanBriesen // Journal of Environmental Engineering. – 2009. – Vol. 135, Issue 10. – P. 918–927. doi: 10.1061/(asce)ee.1943-7870.0000080
5. Khadse, G. K. Drinking water quality monitoring and surveillance for safe water supply in Gangtok, India [Text] / G. K. Khadse, M. Kalita, S. N. Pimpalkar, P. K. Labhsetwar // Environmental Monitoring and Assessment. – 2011. – Vol. 178, Issue 1-4. – P. 401–414. doi: 10.1007/s10661-010-1699-6
6. Fallahzadeh, R. A. Comparison of Using an Electronic System and Conventional Monitoring Method for Monitoring the Quality of Drinking Water and Defects Discovery in Rural Area Water Distribution Network of Abarkouh, Iran [Text] / R. A. Fallahzadeh, M. Gholami, E. Madreseh, M. T. Ghaneian, M. H. Farahzadi, A. A. Askarnejad, Sh. Sadeghi // Health. – 2015. – Vol. 07, Issue 01. – P. 35–40. doi: 10.4236/health.2015.71005
7. Goyal, R. V. Analysis of residual chlorine in simple drinking water distribution system with intermittent water supply [Text] / R. V. Goyal, H. M. Patel. // Applied Water Science. – 2015. – Vol. 5, Issue 3. – P. 311–319. doi: 10.1007/s13201-014-0193-7
8. Хованський, С. О. Системний аналіз комплексу подачі і розподілу води в житлово-комунальному господарстві [Текст] / С. О. Хованський, В. Г. Неня // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2010. – Т. 4, № 4 (46). – С. 56–59. – Режим доступу: <http://journals.urau.ua/eejet/article/view/2967/2770>
9. Mandel, P. Better understanding of water quality evolution in water distribution networks using data clustering [Text] / P. Mandel, M. Maurel, D. Chenu // Water Research. – 2015. – Vol. 87. – P. 69–78. doi: 10.1016/j.watres.2015.08.061
10. Wasowski, J. Water Quality Variations in Cement-lined Water-pipe Networks [Text] / J. W. Sowski, D. Kowalski, B. Kowalska, M. Kwietniewski, M. Zawilska // Ochrona Srodowiska. – 2012. – Vol. 1, Issue 38. – P. 53–58.
11. Гіроль, М. М. Проблеми якості води в водопровідних мережах [Текст] / М. М. Гіроль, Д. Ковальський, В. Є. Хомко, А. М. Гіроль // Водопостачання та водовідведення. – 2008. – № 2. – С. 15–21.
12. Niu, Z. B. Effect on iron release in drinking water distribution systems [Text] / Z. B. Niu, Y. Wang, X. J. Zhang, C. Chen, S. H. Wang // Huan Jing Ke Xue. – 2007. – Vol. 28, Issue 10. – P. 2270–2274.
13. Lasheena, M. R. Factors influencing lead and iron release from some Egyptian drinking water pipes [Text] / M. R. Lasheena, C. M. Sharaby, N. G. El-Kholby, I. Y. Elsharifa, S. T. El-Wakeela // Journal of Hazardous Materials. – 2008. – Vol. 160, Issue 2-3. – P. 675–680. doi: 10.1016/j.jhazmat.2008.03.040
14. Іонов, В. С. О роли труб в реформе ЖКХ [Текст] / В. С. Іонов // Сантехника. – 2005. – № 1. – С. 50–53.
15. Dong, J. A survey of smart water quality monitoring system [Text] / J. Dong, G. Wang, H. Yan, J. Xu, X. Zhang // Environmental Science and Pollution Research. – 2015. – Vol. 22, Issue 7. – P. 4893–4906. doi: 10.1007/s11356-014-4026-x
16. Lee, A. Online monitoring of drinking water quality in a distribution network: a selection procedure for suitable water quality parameters and sensor devices [Text] / A. Lee, A. Francisque, H. Najjaran, M. J. Rodriguez, M. Hoorfar, S. A. Imran, R. Sadiq // International Journal of System Assurance Engineering and Management. – 2012. – Vol. 3, Issue 4. – P. 323–337. doi: 10.1007/s13198-012-0133-6