

Доманцевич Н. І.,

д.т.н., проф., завідувач кафедри товарознавства непродовольчих товарів, Львівська комерційна академія, м. Львів

Шунькіна О. В.,

аспірант, Львівська комерційна академія, м. Львів

ОЦІНКА БЕЗПЕЧНОСТІ МОДИФІКОВАНИХ ПОЛІМЕРНИХ ТРУБ ДЛЯ СИСТЕМ ХОЛОДНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ

Анотація. Безпечність полімерних труб для подачі холодної води є одним із найвагоміших показників. Однозначно полімерні труби, які транспортують питну воду, не повинні чинити негативний вплив на якість водопровідної води. Тому першочергові завдання при впровадженні нових полімерних труб у виробництво – врахування токсичності складових композиції та визначення міграції токсичних речовин із полімерної труби. У статті наведені методика та результати дослідження безпечності розроблених полімерних труб із модифікуючими добавками для систем холодного водопостачання. Підтверджено, що розроблені полімерні труби з модифікуючими добавками для систем холодного водопостачання є безпечними та можуть використовуватися для транспортування питної води.

Ключові слова: безпечність, токсичні речовини, міграція, полімерні труби, питна вода.

Domantsevych N. I.,

Doctor of Engineering, Professor, Head of the Department of Commodity Research of Non-food Products, Lviv Academy of Commerce, Lviv

Shunkina O. V.,

Postgraduate, Lviv Academy of Commerce, Lviv

SAFETY ASSESSMENT OF MODIFIED POLYMERIC PIPES FOR THE SYSTEMS OF COLD WATER SUPPLY

Abstract. Safety of polymeric pipes for cold water supply is one of the most important indicators. Definitely polymeric pipes, transporting drinking water, should not commit a negative impact on the quality of tap water. Therefore, the priority tasks in the introduction of new polymeric pipes in to the production – consideration of toxic components in the composition and determination of the migration of toxic substances from the polymeric pipe. The article presents the methodology and results of the research of safety of designed polymeric pipes with modifying additives for cold water supply systems. It is confirmed that the developed polymeric pipes with modifying additives for cold water systems are safe and can be used to transport drinking water.

Keywords: safety, toxic substances, migration, polymeric pipes, drinking water.

Постановка проблеми. Створення рецептури полімерної композиції для труб, які при експлуатації безпосередньо контактують із питною водою, передбачає обов'язкове врахування токсичності складових композиції. Тому, що однією з основних вимог до полімерної композиції для труб систем водопостачання є її безпечність, тобто відсутність негативного впливу на стан здоров'я людини та навколишнє середовище під час експлуатації. Відповідно, застосування полімерів у трубопроводному будівництві потребує вирішення не лише техніко-економічних, але й гігієнічних проблем у зв'язку з тим, що міграція різних компонентів із полімерної труби може спричинити зміну якості питної води та здійснити таким чином негативний вплив на стан здоров'я населення. Даний показник жорстко регламентований гігієнічними вимогами вітчизняних

та зарубіжних нормативних документів як до самих полімерів, так і до речовин для їхнього синтезу [1-4].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Безпечність труб із полімерних матеріалів, призначених для подачі питної води, є одним із найвагоміших показників. Тому науковці та виробники приділяють значну увагу дослідженню, вивченню та контролю безпечності полімерних матеріалів та присвячують значну кількість робіт, наприклад це праці Л. Черняк, Н. Мережко, Т. Караваєва, А. Хренова, Б. Ковальської та ін.

Аналіз літературних джерел показує, що актуальним є дослідження та визначення: міграції токсичних речовин із полімерних матеріалів, екологічної безпечності полімерних матеріалів, впливу труб із поліетилену на якість питної води. Наприк-

лад, результатом досліджень, проведених науковцями із Варшавського технологічного університету (Польща), є встановлення міграції органічних сполук із матеріалу труби у воду, що в подальшому спричиняє утворення біоплівки на внутрішній поверхні труби. Також встановлений та підтверджений руйнівний вплив води з вмістом хлору на внутрішню поверхню труби з поліетилену низького тиску. Відповідно, хлор впливає на зниження молярної маси та сприяє утворенню мікротріщин, що призводить до швидкого зносу матеріалу труби [2-4].

Постановка завдання. Метою дослідження є визначення концентрації міграції токсичних речовин із полімерної труби з модифікуючими добавками, виготовленої з композиції за розробленою нами рецептурою, встановлення відповідності чинним нормативним документам та можливості використання труб для систем подачі холодної питної води.

Виклад основного матеріалу дослідження. Об'єктом дослідження обрано розроблені нами полімерні труби з модифікуючими добавками для подачі холодної води. Композиція для виготовлення труб систем холодного водопостачання методом екструзії містить наступні складові: ПЕ2НТ11-285Д, ПЕВТ 15803-020, Irganox B225FF, Dynamar FX 5911 та пігмент вуглець технічний.

У полімерну сировину для виготовлення виробів, що контактують із харчовими продуктами, допускається введення речовин - добавок (стабілізаторів, антиоксидантів, пластифікаторів, наповнювачів тощо), які відносяться до четвертого або третього класів безпеки, тобто є нетоксичними речовинами. Поліетиленові труби застосовують для подачі холодної питної води тому, що поліетилен є інертним матеріалом по відношенню до води, в тому числі хлорованої. Відповідно, небезпеку можуть становити неполімеризовані мономери, які здатні бути активними та біологічно-агресивними. Речовини, що беруть участь у полімеризації полімеру, не завжди повністю витрачаються, і тому полімери, як правило, містять певну кількість залишкових мономерів. Із поліетилену високого тиску можлива міграція у незначній кількості низькомолекулярних сполук, як правило, нешкідливих для здоров'я людини, однак вони надають воді сторонній присмак і запах. У поліетилені низького тиску можуть міститися залишки каталізаторів – окисли і солі металів: хрому, титану, алюмінію, які мають токсичну дію, а також ймовірне виділення залишків комплексних металоорганічних стабілізаторів. Відповідно, у полімер можуть потрапити низькомолекулярні продукти при його синтезі (мономери, які не прореагували, низькомолекулярні продукти синтезу, емульгатори, розчинники, каталізатори, ініціатори) або безпосередньо їх введенням у синтезований полімер для надання йому необхідних фізико-хімічних і фізико-механічних властивостей (пластифікатори, стабілізатори, наповнювачі, барвники, пігменти). У процесі переробки полімеру відбувається часткова термоокиснюваль-

на деструкція макромолекул, внаслідок чого утворюються кислотовмісні низькомолекулярні сполуки, які здатні мігрувати у питну воду. Також у складі полімерного матеріалу можуть міститися продукти, що утворилися у результаті взаємодії їх компонентів, та продукти деструкції полімеру. Органічні сполуки, які мігрують із поліетилену, здатні стати живильним середовищем для мікроорганізмів та в подальшому сприяти утворенню біоплівки на внутрішній стінці труби, що, відповідно, може вплинути на стан здоров'я споживачів питної води [5-6].

Можливість використання труб із поліетилену з модифікованими добавками для систем питного водопостачання базується на вивченні впливу полімерного матеріалу на органолептичні, фізико-хімічні показники якості води, визначення токсичності та концентрації мігруючих речовин. Визначення відповідності або невідповідності продукції державним гігієнічним нормативам здійснюється під час проведення санітарно-епідеміологічної експертизи. Розроблені зразки труб із поліетилену з модифікуючими добавками перевіряли на відповідність вимогам Інструкції № 4259-87 від 05.03.87 р. та СанПІН 4630-88 [7]. При дослідженні застосовано принцип послідовного експерименту, так звану "крокову стратегію". Суть крокової стратегії експерименту полягає в тому, що після кожного етапу досліджень проводиться аналіз результатів і на його підставі приймається рішення відносно подальшої роботи.

Згідно зі схемою до першого етапу відносяться органолептичні дослідження. Органолептичні властивості витяжок із полімерного матеріалу обумовлюються переходом в них речовин, що входять у рецептуру матеріалу. Органолептичне дослідження витяжок із полімерних труб із модифікуючими добавками проводилось у лабораторії Львівської комерційної академії. Зміна органолептичних показників води, навіть у концентраціях, безпечних із токсикологічної точки зору, може здійснювати вплив на споживачів питної води. Тому виріб із полімерного матеріалу не повинен змінювати органолептичні показники якості води.

Для органолептичних досліджень зразки труб заливали водою при $(20\pm 5)^\circ\text{C}$ та витримували протягом 24 год. Також готували контрольну пробу – воду без зразків. Співвідношення маси матеріалу до об'єму води становить 1 г на 25 см^3 води. Зразки з поліетилену низького тиску заливали кип'яченою водопровідною водою при 90°C і витримували при зазначеній температурі в термостаті 30 хв. Після цього охолоджували ємності з витяжками під струменем холодної води. Методика проведення органолептичного дослідження полімерних труб із модифікуючими добавками передбачає попередній огляд зразків, при цьому визначали наявність запаху, характер поверхні та колір. Після огляду зразки піддавали механічному очищенню – промиваючи у проточній воді. З метою моделювання контакту води з полімерною трубою досліджуваний відрізок труби закривали у скляній посудині, дотримуючись співвідношення між площею відрізка полімерної труби та обсягом дотичної з ним води. Ця вимога

Таблиця 2

Результати органолептичного дослідження

Шифр дегустатора	Бал	
	запах	присмак
1	0	0
2	1	0
3	0	1
4	0	1
5	0	0
6	0	0
7	0	0
8	0	0
Середнє арифметичне	0,38 прирівнюється до 0 балів	

Відповідно до розрахунків середнього арифметичного значення інтенсивність запаху та присмаку складає 0 балів, що свідчить про відсутність відчутного запаху і присмаку, однак декілька дегустаторів відчули дуже слабкий запах і присмак (1 бал). При візуальному огляді всіма дегустаторами встановлено: каламутність на рівні контролю та відсутність осаду. Зміна досліджуваних показників не перевищує допустимих величин, що свідчить про проведення наступного етапу санітарно-хімічного дослідження.

Санітарно-хімічні дослідження полягали у встановленні наявності або відсутності міграції шкідливих речовин та визначенні їх концентрації. Такі дослідження проводилися в умовах, максимально наближених до експлуатаційних, тобто при заданих параметрах: температури, співвідношенні поверхні матеріалу до об'єму контактної середовища, тривалості контакту та складу середовища. Хімічна безпека полімеру визначається токсичними властивостями й наявністю інших речовин, до яких відносять залишки каталізаторів, ініціаторів полімеризації, розчинників тощо. Концентрація мігруючих мономерів та інгредієнтів полімерного матеріалу не повинна перевищувати порогу їх патологічної дії. Вода після контакту з полімерним матеріалом не повинна містити речовин, що спричиняють подразнення шкіри та слизових оболонок. Для забарвлення труб у чорний колір використовували технічний вуглець, який виконує також функцію світлостабілізатора. Слід зазначити, що необхідно використовувати марки технічного вуглецю, призначеного для труб водопостачання, оскільки інші марки можуть містити канцерогенний бенз(а)пірен. Адаже встановлена залежність між вмістом у технічному вуглеці канцерогену і його здатністю індукувати розвиток пухлин [7, 9-10].

Досліджували міграцію та концентрацію наступних шкідливих речовин: формальдегіду, ацетону, метанолу, ізопропанолу, пропанолу, гексану, етилацетату, свинцю, кадмію, цинку, міді, хрому. Зразки труб витримували в дехлорованій водопровідній воді. Результати санітарно-хімічних досліджень полімерних труб із модифікуючими добавками подано у табл. 3.

пояснюється тим, що кількість речовин, що вимиваються з полімеру в певний об'єм води, пропорційна площі дотичної з водою поверхні, тобто ступінь несприятливого впливу на якість води обернено пропорційний величині питомої поверхні. Витяжки зі зразків полімерних труб із модифікуючими добавками, призначені для подачі холодної води, досліджували за температури 20°C і 37°C. Для досліджень використовували водопровідну воду, яка відповідає вимогам ДСанПІН 2.2.4-171-10 [7-8].

Органолептичне дослідження полягало у визначенні наявності стороннього запаху, смаку або присмаку, каламуті та осаду з отриманих витяжок із полімерної труби. Визначення запаху витяжок проводили шляхом закритої дегустації, яка виключала обмін думками між дегустаторами. Дегустацію проводили у добре провітреному приміщенні, де відсутні сторонні запахи. У колби місткістю 250-300 мл наливали по 100 мл досліджуваних витяжок. По черзі, починаючи з контрольної проби, вміст колб декілька разів перемішували обертливими рухами і, відкривши колбу, визначали характер та інтенсивність запаху, виражаючи його описово, а саме: фенольний, ароматичний, невизначений тощо. Оцінювання смаку і присмаку витяжок із досліджуваного виробу також проводили шляхом закритої дегустації. Характер смаку висловлювали описово: солоний, кислий, солодкий, гіркий. Усі інші види смакових відчуттів називають присмаками, наприклад: лужний, металевий, щипаючий і т. д. Інтенсивність запаху, смаку і присмаку оцінювали за п'ятибальною шкалою відповідно до табл. 1.

Таблиця 1

Інтенсивність запаху і присмаку

Інтенсивність		Бал
Відсутність запаху і присмаку	Відсутність відчутного запаху і присмаку	0
Дуже слабкий	Запах і присмак непомітний, але визначається досвідченим дегустатором	1
Слабкий	Запах і присмак визначається недосвідченим дегустатором, якщо звернути на це його увагу	2
Помітний	Запах і присмак легко помітний та невластивий	3
Виразний	Запах і присмак легко звертає на себе увагу, викликаючи неприємне відчуття	4
Дуже сильний	Запах і присмак дуже сильний, викликає неприємне відчуття	5

Кожен дегустатор заносив результати дослідження в індивідуальну дегустаційну карту. Каламутність витяжок визначали візуально і характеризували описово за величиною: слабка каламутність, помітна каламутність, сильна каламутність. Осад також визначали візуально і характеризували описово за його величиною: незначний, помітний, великий. Крім того, визначали його властивості (кристалічний, аморфний і т. п.) та колір осаду (білий, сірий, бурий і т. п.). Результати органолептичного дослідження зразків полімерних труб із модифікуючими добавками наведено у табл. 2.

Таблиця 3

Результати санітарно-хімічних досліджень полімерних труб із модифікуючими добавками

№ з/п	Назва показника	Отримані результати в динаміці				Гігієнічний норматив	Метод визначення
		3 доби	6 дбб	10 дбб	відсутні		
1	Водневий показник рН	6,8	7,1	7,2	відсутні	6,0-8,0	ДСТУ 4077
2	Колір, опалесценція	відсутні	відсутні	відсутні	відсутні	відсутні	ГОСТ 3351
3	Окиснюваність перманганатна, мгО/дм ³	2,1	1,76	1,12	1,12	до 4,0	Інструкція № 880
4	Кількість речовин, що бромуються, мгВг/дм ³	2,6	1,54	до 1,0	до 1,0	-	Інструкція № 880
5	Формальдегід	0,089	<0,01	<0,01	<0,01	0,1	ГОСТ 22648
6	Ацетон	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,1	МВ № 4149
7	Метанол	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,2	МВ № 4149
8	Ізопропанол	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,1	МВ № 4149
9	Пропанол	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,1	МВ № 4149
10	Гексан	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,1	МВ № 4149
11	Етилацетат	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,1	МВ № 4149
12	Свинель	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,03	ГОСТ 30178
13	Кадмій	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,001	ГОСТ 30178
14	Цинк	0,0045	0,0041	<0,001	<0,001	1,0	ГОСТ 30178
15	Мідь	0,003	0,005	<0,001	<0,001	1,0	ГОСТ 30178
16	Хром	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,1	ГОСТ 30178

За допомогою проведених санітарно-хімічних експериментів встановлено відсутність запаху, кольору, піноутворення та допустиму концентрацію шкідливих речовин у водних витяжках. Таким чином, досліджувані зразки полімерних труб із модифікуючими добавками мають допустимі органолептичні зміни витяжки та допустиму концентрацію мігруючих речовин відповідно до нормативних документів.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Результати досліджень показали, що полімерні труби з модифікуючими добавками відповідають вимогам Інструкції № 4259-87 та СанПН 4630-88. Аналіз проведених досліджень дає підставу стверджувати, що дані труби не будуть змінювати якість питної води та, відповідно, не будуть здійснювати негативний вплив на стан здоров'я споживачів питної води.

Отже, полімерні труби з модифікуючими добавками, виготовлені з робленої нами композиції, можуть застосовуватися для систем холодного водопостачання.

ЛІТЕРАТУРА

1. Токсические свойства полимерных материалов / [Э. Б. Хоботова, М. И. Уханева, Л. Д. Маракина и др.] // *Материалы VIII Международной научно-технической интернет-конференции “Применение пластмасс в строительстве и городском хозяйстве”*. – Харьков, 2008. – С. 17-18.
2. Черняк Л. Екологічна безпечність полімерних матеріалів на основі полістиролу / Л. Черняк, Н. Мережко, Т. Караваєв // *Товари і ринки*. – 2010. – №1. – С. 189-193.
3. Хренов А. Е. Миграция вредных примесей из полимерных материалов при возведении подземных сооружений и прокладке коммуникаций / А. Е. Хренов // *Горный информационно-аналитический бюллетень*. – 2005. – № 7. – С. 44-46.
4. Kowalska B., Kowalski D., Kwietniewski Marian [et al.]: Influence of Polyethylene Pipe on the Quality of Water in a Water Distribution System, in: *Journal of Sustainable Development, Canadian Center of Science and Education*, vol. 6, no. 2, 2013, pp. 1-8.
5. Шефтель В. О. Токсикология полимерных материалов / В. О. Шефтель, Н. Е. Дышиневич, Р. Е. Сова. – К. : Здоровье, 1988. – 211 с.
6. Каган Д. Ф. Трубопроводы из пластмасс / Д. Ф. Каган. – М. : Химия, 1980. – 295 с.
7. Инструкция по санитарно-химическому исследованию изделий из полимерных материалов, предназначенных для использования в хозяйственно-питьевом водоснабжении № 4259-87. – М., 1987. – 78 с.

8. Державні санітарні норми і правила “Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною” (ДСанПН 2.2.4-171-10). МОЗ України : Наказ від 12.05.2010 р. № 400.

9. Проектирование, строительство и эксплуатация трубопроводов из полимерных материалов : Справочник проектировщика / [ред. А. Н. Шестопал, В. С. Ромейко]. – М. : Стройиздат, 1985. – 303 с.

10. Доманцевич Н. І. Дослідження безпечності поліетиленових труб для подачі холодної води / Н. І. Доманцевич, О. В. Шунькіна // *Матеріали II міжнар. наук.-практ. інтернет-конференції “Актуальні проблеми теорії і практики експертизи товарів”*. – Полтава : ПУЕТ, 2015. – С. 293-295.

REFERENCES

1. Hobotova, Je. B., Uhaneva, M. I., Marakina, L. D., Dacenko, V. V., Egorova, L. M., Gnilickaja, A. I. (2008), *Toksicheskie svojstva polimernyh materialov, Materialy VIII Mezhdunarodnoj nauchno-technicheskoy internet-konferencii “Primenenie plastmass v stroitel'stve i gorodskom hozjajstve”*, Har'kov.
2. Cherniak L., Merezko N. and Karavaiev T. (2010), *Ekolohichna bezpechnist polimernykh materialiv na osnovi polistyrolu, Tovary i rynky*, №1.
3. Hrenov, A. E. (2005), *Migracija vrednyh primesej iz polimernyh materialov pri vozvedenii podzemnyh sooruzhenij i prokladke komunikacij, Gornyj informacionno-analiticheskij bjulleten'*, № 7.
4. Kowalska B., Kowalski D., Kwietniewski Marian [et al.]: Influence of Polyethylene Pipe on the Quality of Water in a Water Distribution System, in: *Journal of Sustainable Development, Canadian Center of Science and Education*, vol. 6, no. 2, 2013, pp. 1-8.
5. Sheftel', V. O. Dyshinevich, N. E. and Sova, R. E. (1988), *Toksikologija polimernyh materialov, Zdorov'e*, Kiev.
6. Kagan, D. F. (1980), *Truboprovody iz plastmass*, Himija, Moskva.
7. *Instrukcija po sanitarno-himicheskomu issledovaniju izdelij iz polimernyh materialov, prednaznachenynyh dlja ispol'zovanija v hozjajstvenno-pit'evom vodosnabzhenii* (1987), № 4259-87, M.
8. Derzhavni sanitarni normy i pravyla “Hihiienichni vymohy do vody pytnoi, pryznachenoi dlja spozhyvannia liudynoiu” (DSanPIN 2.2.4-171-10). MOZ Ukrainy. Nakaz vid 12.05.2010 r. № 400.
9. *Proektirovanie, stroitel'stvo i jekspluatacija truboprovodov iz polimernyh materialov – Spravochnik proektirovshhika* (1985), red. A. N. Shestopal, V. S. Romejko, Strojizdat, Moskva.
10. Domantsevych, N. I. and Shunkina, O. V. (2015), *Doslidzhennia bezpechnosti polietylenovykh trub dlja podachi kholodnoi vody, Materialy II mizhnar. nauk.-prakt. internet-konferentsii “Aktualni problemy teorii i praktyky ekspertyzy tovariv”*, PUET, Poltava.