УДК:615.9 : 621.798 : 641 : 612.014.46 https://doi.org/10.32402/dovkil2025.02.038

APPROACHES TO THE ASSESSMENT OF MIGRATION OF TOXIC SUBSTANCES AND METALS FROM FOOD PACKAGING MATERIALS

Andrusyshyna I.M., Maletskyi Z.V., Lampeka O.G., Golub I.O., Zaiets E.R.

ПІДХОДИ ДО ОЦІНКИ МІГРАЦІЇ ТОКСИЧНИХ РЕЧОВИН ТА МЕТАЛІВ ІЗ ПАКУВАЛЬНИХ ВИРОБІВ ДЛЯ ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

[1,2]АНДРУСИШИНА І.М.,
[3]МАЛЕЦЬКИЙ З.В.,
[1]ЛАМПЕКА О.Г.,
[1]ГОЛУБ І.О.,
[1]ЗАЄЦЬ Є.Р.
[1]ДУ «Інститут медицини праці ім. Ю.І. Кундієва НАМН України», Київ
[2]Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського», Київ, Україна
[3]Норвезький університет природничих наук, Осло, Норвегія

Відомо, що із пакувальних полімерних та синтетичних матеріалів (поліетилен, поліпропілен, полістирол, полівінілхлорид, поліетилентерефталат, фторопласти, поліаміди), із скляних та металевих виробів, що застосовуються для виготовлення, пакування, зберігання харчових продуктів, тари, пакувальних виробів, посуду, столового приладдя можлива емісія низки токсичних речовин у харчові продукти, що може бути небезпечним для здоров'я людини.

Встановлено, що із полімерних матеріалів упаковки у модельні розчини, що імітують харчові продукти, найбільш часто мігрують такі сполуки, як формальдегід, стирол, фенол, акрилонітрил, хлористий вініл, спирти, бісфенол А, поліфторалкільні речовини та токсичні метали [1-4, 8-10]. Токсичні метали потрапляють у полімерні матеріали та інші вироби (метал, скло, папір) з різними добавками – стабілізаторами, антиоксидантами, наповнювачами, ініціаторами полімеризації та іншими речовинами [1, 23-28]. Ці добавки входять також до складу деяких друкарських фарб і можуть потрапляти разом з токсичними розчинниками у продукти харчування після нанесення на матеріал або упаковку друкованого малюнка [6].

В Україні рівень міграції вищевказаних токсичних сполук до недавнього часу порівнювали з допустимою кількістю міграції (ДКМ) згідно з СанПіН 42-

УДК:615.9 : 621.798 : 641 : 612.014.46

ПІДХОДИ ДО ОЦІНКИ МІГРАЦІЇ ТОКСИЧНИХ РЕЧОВИН ТА МЕТАЛІВ ІЗ ПАКУВАЛЬНИХ ВИРОБІВ ДЛЯ ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

[1,2]Андрусишина І.М., [3]Малецький З.В., [1]Лампека О.Г., [1]Голуб І.О., [1]Заєць Є.Р.
[1]ДУ «Інститут медицини праці ім. Ю.І. Кундієва НАМН України», Київ, Україна
[2]Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського», Київ, Україна
[3]Норвезький університет природничих наук, Осло, Норвегія

У статті відображено сучасні світові тенденції щодо оцінки безпечності пакувальних паперових, полімерних виробів, кухонного столового приладдя та посуду, виготовлених із різних матеріалів, у тому числі і з пластмаси. Також показано особливості впровадження регламентів ЄС 10/2011 і 1935/2004, відмінності використання СанПіНів (зокрема СанПіН 42-123-4240-86), ще донедавна чинних в Україні щодо цих досліджень.

Мета дослідження: *аналіз сучасного стану нормативно-методичної бази, що діє в ЄС та Україні, аналіз власних результатів випробувань щодо міграції токсичних металів, летких органічних сполук (формальдегіду, спиртів, етилацетату, ацетальдегіду) із матеріалів, що контактують з харчовими продуктами та напоями.*

Матеріали та методи дослідження. *У дослідженні було використано паперові, полімерні, скляні, металеві вироби та пакувальні матеріали, що застосовуються у харчовій промисловості. Визначення вмісту токсичних речовин та металів виконували за допомогою методів фотометрії, газової хроматографії та оптико-емісій-*

© Андрусишина І.М., Малецький З.В., Лампека О.Г., Голуб І.О., Заєць Є.Р. СТАТТЯ, 2025.



123-4240-86, який наразі не є діючим. Перелік речовин, які підлягають визначенню, залежить від виду досліджуваного пакувального матеріалу. Якщо значення ДКМ для контрольованої речовини не встановлене, необхідно керуватися ГДК для цієї речовини у питній воді. Величина ДКМ для багатьох хімічних речовин у нашій країні переважно відповідає гігієнічному нормативу для питної води (ДСанПіН 2.2.4-171-10). На практиці рівень міграції вищевказаних токсичних речовин у більшості випадків виявляється значно нижчим, ніж ДКМ.

Під час оцінки якості пакувальних матеріалів здійснюється кількісне визначення хімічних речовин, що мігрують у повітряне або рідинне модельне середовище після відповідної за часом і температурою експозиції. Модельні середовища, що імітують властивості передбачуваного асортименту харчових продуктів, складаються з дистильованої води, оцтової або молочної кислоти, кухонної солі, рослинної олії, етилового спирту, приготованих у рекомендованих регламентом ЄС № 10/2011 пропорціях [14].

У країнах Євросоюзу впроваджено директиви, доповнення та поправки до національних норм, що обмежують підвищення рівня міграції мономерів і добавок, які входять до складу полімерних пакувальних матеріалів, що контактують з харчовими продуктами [1, 2, 8, 9]. Ці обмеження базуються на токсикологічних оцінках та стандартизації методів контролю. Проблема контролю безпеки полімерних матеріалів стала найбільш актуальною і для України у зв'язку зі вступом до Світової організації торгівлі (СОТ).

Згідно з директивами ЄС та сучасними науковими дослідженнями рівень міграції токсичних речовин у харчові продукти, що не перевищує 0,5 мкг/кг та не чинить шкідливого впливу на здоров'я, не вимагає регламентації. Даний підхід не застосовується до сполук, що належать до доведених або передбачуваних канцерогенів.

Хімічний склад полімерного (синтетичного) матеріалу залежить від мономерної основи, яка визначає марку полімеру. Нині основними марками полімерів є поліетилен, поліпропілен, полістирол, полівінілхлорид, поліетилентерефталат, фторопласти, поліаміди, полікарбонати. Водночас добре відомо, що пластик містить низку токсичних речовин – ПХБ (поліхлоровані біфеніли) БФА (бісфенол А), ПЕТ (поліетиленфталати), ПАВ (поліциклічні ароматичні вуглеводні), важкі метали та інші сполуки.

Мета дослідження. Вивчення міграції токсичних металів та ЛОС (летких органічних сполук – формальдегіду, спиртів, етилацетату, ацетальдегіду) із матеріалів, що контактують з харчовими продуктами та напоями, для оцінки їхнього небезпечного впливу на здоров'я населення, а також аналіз нормативних документів, що діють у різних країнах ЄС та в Україні.

Матеріали та методи дослідження. Дослідження міграції токсичних металів у модельні середовища із пакувальних матеріалів провадили методом оптико-емісійної спектрометрії з індуктивно зв'язаною плазмою згідно з ДСТУISO 11885:2019 [16-18]. Вміст формальдегіду визначали методом фотометрії згідно з РД 52.24.492_95, а вміст ЛОС (ацетальдегіду, етилацетату та спиртів: метилового, пропілового, ізопропілового, бутилового, ізобутилового) – методом газорідинної хроматографії відповідно існуючим методикам [19-21].

Серед основних груп матеріалів, що досліджувались нами за останні п'ять років, були пакувальні матеріали з паперу, полімерні та синтетичніматеріали, посуд скляний та металевий,

ної спектрометрії з індуктивно зв'язаною плазмою.

Висновки. *Проведені дослідження показали, що імплементація та використання європейських стандартів щодо вивчення міграції вимагає застосування більшого спектра модельних середовищ, валідації нових показників щодо оцінки безпеки та впровадження сучасних більш чутливих аналітичних приладів.*

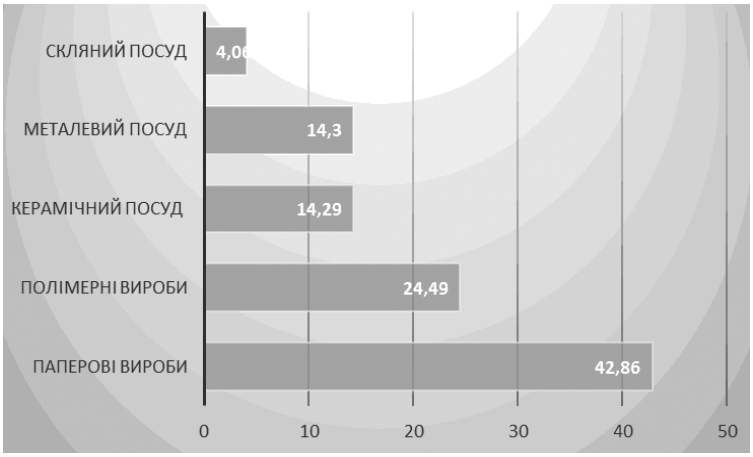
Ключові слова: токсичні метали, органічні сполуки, харчові продукти, модельні середовища, допустимі кількості міграції, ризики впливу токсичних речовин.

вироби із дерева та нейлонової тканини (рис.).

Як видно з представлених на рисунку даних, 2020 року збільшилася частка полімерних матеріалів (37,5%), практично не змінилася частка виробів з металів та сплавів, збільшилася частка паперових пакувальних матеріалів до 42,86%.

Рисунок

Розподіл об'єктів випробувань, що контактують з продуктами харчування, 2020-2023 роки, %



Результати досліджень та їх обговорення. Норматив для ДКМ у нашій країні відповідає гігієнічному нормативу, встановленому для питної води, що не є цілком вірним. По-перше, термін контакту з виробом часто набагато менший, ніж кількість води, яку людина споживає за добу (1,5-2,0 л). По-друге, під час міграції використовується об'єм модельного розчину не більше 300 мл (за Інструкцією 880-71).

Дані про міграцію із плівки та паперу, отримані з різною підготовкою зразків згідно з вимогами регламенту ЄС (як імітанти середовищ – дистильована вода (агент А), розчини оцтової (Б) чи молочної кислоти (С), спирту (Д), суттєво не відрізняються, але за умови використання розчину оц-

Таблиця 1

Допустима кількість міграції хімічних речовин із пакувальних матеріалів та порівняння з нормативами безпеки

Назва матеріалу, виробу	Показник, що контролюється	ДКМ, мг/л	
		Власні результати M_{min}-M_{max}	Норматив згідно з СанПіН 42-123-4240-86 та Інструкцією 886
Паперові пакувальні матеріали (n=41)	ацетальдегід	<0,01	0,20
	етилацетат	0,02-0,054	0,10
	формальдегід	0,02-0,04	0,10
	спирти: -метиловий, - бутиловий, - пропіловий	<0,01	0,20 0,50 0,10
	Свинець (Pb)	0,002-0,02	0,03
	Цинк (Zn)	0,012-0,052	1,0
Полімерні пакувальні матеріали (n=15)	ацетальдегід	0,01-0,04	0,20
	етилацетат	0,02-0,05	0,10
	формальдегід	0,02-0,03	0,10
	спирти: -метиловий, - бутиловий, - пропіловий	<0,01	0,20 0,50 0,10
	Свинець (Pb)	0,002-0,01	0,03
	Цинк (Zn)	0,002-0,06	1,0
Пластиковий посуд та пластикові ємності (n=46)	формальдегід	0,02-0,07	0,10
	ацетальдегід	0,01-0,04	0,20
	Фенол	<0,01	0,05
	спирти: -метиловий, - бутиловий, - пропіловий	<0,01	0,20 0,50 0,10
	Свинець (Pb)	0,001-0,02	0,03
	Цинк (Zn)	0,001-0,44	1,0

УДК:615.9 : 621.798 : 641 : 612.014.46

APPROACHES TO THE ASSESSMENT OF MIGRATION OF TOXIC SUBSTANCES AND METALS FROM FOOD PACKAGING MATERIALS

[1,2]Andrusyshyna I.M., [3]Maletskyi Z.V., [1]Lampeka O.G., [1]Golub I.O., [1]Zaiets E.R.

[1]SI «Kundiiev Institute for Occupational Health of the NAMS of Ukraine», Kyiv, Ukraine

[2]National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Ukraine

[3]Norwegian University of Life Sciences, Oslo, Norway

Introduction: *The article reflects the current global trends in assessing the safety of packaging paper, polymer products, kitchen cutlery and crockery made of various materials, including plastics. The article also shows the peculiarities of implementation of EU Regulations 10/2011 and 1935/2004 and the differences in the use of Sanitary and Epidemiological Norms (in particular, Sanitary and Epidemiological Norms 42-123-4240-86), which until recently were in force in Ukraine in relation to these studies.*

The aim of the study: *Analysis of the current state of the regulatory and methodological framework in force in the EU and Ukraine, and analysis of our own test results for the migration of toxic metals, VOCs (volatile organic compounds – formaldehyde, alcohols, ethyl acetate, acetaldehyde) from materials in contact with food and beverages.*

Materials and methods: *The study used paper, polymer, glass, metal products and packaging materials used in the food industry. The content of toxic substances and metals was determined using photometry, gas chromatography, and i nductively coupled plasma optical emission spectrometry.*

Conclusions: *The research has shown that the implementation and use of European standards for migration studies requires the use of a wider range of model environments, validation of new safety assessment indicators and the introduction of modern, more sensitive analytical instruments.*

Keywords: toxic metals, organic compounds, food products, model environments, permissible amounts of migration, risks of exposure to toxic substances.

Таблиця 2

Допустима кількість міграції (ДКМ) хімічних речовин зі скляних та металевих виробів та порівняння з нормативами

Назва матеріалу, виробу	Показник, що контролюється	ДКМ, мг/л	
		Власні результати M_{min}-M_{max}	Норматив згідно з СанПіН 42-123-4240-86 та Інструкцією 886
Скляні вироби (n=13)	Бор (B)	0,01-0,027	0,50
	Арсен (As)	<0,003	0,05
	Свинець (Pb)	0,025-0,034	0,03
	Кадмій (Cd)	<0,00009	0,25
	Алюміній (Al)	0,011-0,028	0,50
Керамічний посуд (n=22)	Кобальт (Co)	0,00011-0,0011	0,10
	Мідь (Cu)	0,013-0,022	1,0
	Свинець (Pb)	0,01-0,028	0,03
	Кадмій (Cd)	<0,00009	0,05
Металеві вироби (n=17)	Свинець (Pb)	0,001	0,03
	Бор (B)	-	0,50
	Арсен (As)	<0,003	0,05
	Алюміній (Al)	0,058-0,085	0,50
	Кадмій (Cd)	0,0002	0,001
	Мідь (Cu)	0,0061-0,012	1,0
	Сумарно Cr^{+3}, Cr^{+6}	0,0002-0,001	0,10
	Марганець (Mn)	0,00003	0,10
	Нікель (Ni)	0,001	0,10
	Цинк (Zn)	0,006-0,06	1,0
	Кобальт (Co)	-	0,10
	Титан (Ti)	-	0,10

тової кислоти як модельного середовища унеможливлюється адекватність вимірювання етилацетату та ацетальдегіду у модельних розчинах з плівки та паперових виробів методами хроматографії.

У сфері оцінки виробів, які використовуються для пакування, зберігання та переробки продуктів харчування, Україна зобов'язалась імплементувати директиви ЄС з цього питання. Нині цей контроль часто здійснюється відповідно до вимог Регламенту (ЄС) № 1935/2004 Європейського Парламенту і Ради ЄС від 27.10.2004 та Регламенту № 10/2011 Європейської Комісії про пластикові матеріали і вироби, призначені для контакту з продуктами харчування від 14.01.2011 після змін та доповнень. Одним із елементів контролю є повне руйнування пакувального матеріалу та оцінка вмісту хімічних речовин у мг/кг, а це жодним чином не кореспондується з величинами, які б характеризували небезпеку продукції внаслідок міграції токсичних речовин із пакувальних виробів та посуду.

За регламентом ЄС № 10/2011 загальна величина міграції відповідає міграції 60 мг речовини на 1 кг продукції (60 мг/кг). Пластикові матеріали та вироби не повинні передавати свої компоненти продуктам харчування у кількостях, що перевищують межі міграції (SML), встановлені Додатком I Регламенту ЄС 10/2011. Пластикові матеріали та вироби з них не повинні передавати свої компоненти харчовим симуляторам у кількостях, що перевищують 10 мг/дм^2 площі контакту з харчовим продуктом.

Міграція речовин, згаданих у переліку Регламенту ЄС 10/2011, має визначатися вимірюванням зі статистичною точністю з межею виявлення 0,01 мг/кг. Ця межа завжди виявляється як концентрація у продукті харчування чи харчовому симуляторі.

Зміни у Регламенті (ЄС) 2020/1245 від 02.09.2020 входять до Додатку II Регламенту 10/2011, де збільшено перелік речовин та встановлено норми міграції для низки хімічних речовин, зокрема таких металів, як стибій, арсен, кадмій, хром, свинець, меркурій та чотирьох лантаноїдів. Для ароматичних речовин, що можуть виявлятись у пакувальних матеріалах, теж встановлено нижню межу міграції, яку наведено у Регламенті (ЄС) № 1907/2006, XVII додатку. У додатку нової редакції Регламенту (ЄС) №10/2011 зміни стосуються уточнення умов перевірки відповідності та умов проведення досліджень міграції.

Вимоги Директиви ЕС та Регламентів ЕС для акредитованих лабораторій передбачають проведення визначення загальної міграції із пластмасових матеріалів та виробів, призначених для контакту з продуктами харчування, в усі модельні середовища, що наведені у Регламенті ЄС № 10/2011, а також визначення специфічної міграції — бісфенолу А, формальдегіду, акриламіду, меламіну, стиролу, фталатів та інших 806 сполук, внесених до переліку Регламенту ЄС.

Однак у СанПіН 42-123-4240-86 та в Інструкції 880-71 передбачалося використання методів фотометрії та полярографії, які нині є досить застарілими і не мають достатньої чутливості, щоб оцінювати міграцію низки токсичних речовин із пакувальних виробів. Порівняння ДКМ, які використовують аналітики в Україні та країнах ЄС, та методів досліджень наведено у таблиці 4.

Згідно з переліком нормативів Регламенту (ЄС) №10/2011 пропонується оцінювати 806 показників з застосуванням сучасних

Таблиця 3

Результати досліджень міграції хімічних речовин у водні розчини із фарфорового посуду (мг/л)

Показник	Фактичне значення (M±m), мг/л			Норматив, мг/л	Метод визначення
	Імітувальне середовище А	Імітувальне середовище В	Імітувальне середовище С		
Pb (свинець)	0,001±0,0001	0,028±0,001	0,023±0,0005	0,03	ОЕС-ІЗП
Cd (кадмій)	<0,00009	<0,00009	<0,00009	0,001	ОЕС-ІЗП
Zn (цинк)	0,014±0,001	0,04±0,002	0,085±0,0017	1,0	ОЕС-ІЗП
Cu (мідь)	0,013±0,001	0,020±0,001	0,022±0,0004	0,05	ОЕС-ІЗП
Cr (хром)	<0,00002	<0,00002	<0,00002	0,1 (сумарно)	ОЕС-ІЗП
Co (кобальт)	<0,0001	0,0011±0,0002	<0,0001	0,10	ОЕС-ІЗП
Mn (марганець)	<0,00008	<0,00008	<0,00008	0,1	ОЕС-ІЗП
B (бор)	0,009±0,00018	0,013±0,0003	0,007±0,00014	0,5	ОЕС-ІЗП
Al (алюміній)	<0,0001	0,060±0,0016	0,13±0,003	0,5	ОЕС-ІЗП

аналітичних методів досліджень, які мають достатньо високу чутливість (МС-ICP, РХ-МС/МС та інші). Також пропонується використовувати спеціальну видову межу міграції, яка становить 60 мг/кг або допускається, наприклад, 0,05 мг/кг для вінілхлориду або 42 мг/кг для поліетиленгліколю.

Таким чином, у ході хіміко-аналітичних випробувань з оцінки безпечності пакувальних матеріалів та виробів, що використовуються у харчуванні, у рамках санітарно-гігієнічної експертизи мають бути враховані вимоги імплементованих в Україні директив і регламентів ЕС.

Висновки

1. Імплементація та використання європейських стандартів вимагає застосування більшого спектра модельних середовищ, які імітують властивості пакувальних матеріалів, виробів та харчових продуктів у кожному конкретному випадку під час оцінки їхньої безпеки.

2. Має місце певна неузгодженість між українськими стандартами та міжнародними регламентами. У регламентах ЄС пропонуються нижчі концентрації ДКМ, які потребують використання сучасного, часто більш чутливого аналітичного обладнання (не фотометрія і полярографія, а високоефективна рідинна хроматографія, мас-спектрометрія високої роздільної здатності тощо).

REFERENCES

1. Podrushnyak AE, Prodanchuk NG, Gortseva LV, Shutova TV, Kostyuchenko TP. Bezopasnost ispolzovaniya polimernykh materialov dlya upakovki

Таблиця 4

Порівняння ДКМ (допустимих кількостей міграції) хімічних речовин із паперових та полімерних пакувальних матеріалів за нормативами ЄС та України

Вид матеріалу	Показник згідно з СаНПіН 42-123-4240-86	Величина ДКМ, мг/дм^3	Методи контролю	Показники згідно з регламентом ЕС 10/2011	Величина ДКМ, мг/кг	Методи контролю
Полімерні матеріали (поліпропілен, полістирол, полівінілхлорид тощо)	Формальдегід	0,1	ФМ	формальдегід	відсутність	ГРХ
				глютаровий ангідрид		
				фенол	вісутність	ГРХ
	Етилацетат	0,1	ГХ	оцтова кислота, вініловий ефір	12	ГРХ
	Ацетальдегід	0,2	ГХ	вінілхлорид	1 мг/кг	ГРХ
	Спирти (метиловий, ізопропіловий, пропіловий, бутиловий, ізобутиловий)	0,1-0,5	ТСХ	Спирти (метиловий, ізопропіловий, пропіловий, бутиловий, ізобутиловий)	відсутність	ГРХ МС-ВЕРХ
				алкільні, лінійні з парним числом атомів вуглецю (С12-С20) диметиламіни	30	ГРХ МС-ВЕРХ
				фталева кислота, дибутиловий ефір	0,30	ГРХ МС-ГРХ
				ізофталева кислота, диметиловий ефір	0,05	ГРХ МС-ВЕРХ
	Цинк	1,0	ПГ	Хлориди цинку, кальцю, магнію, калію, заліза	відсутність	ААС, ОЕС-ІЗП, МС-ІЗП
	Олово	2,0	ААС	Алюміній оксид, кремній оксид, фосфорна кислота, хлорна кислота	не допускається	ОЕС-ІЗП, МС-ІЗП, LC-MC/MC
	Бор	0,5	ААС	Бору нітрат, Борна кислота	не допускається	ОЕС-ІЗП, МС-ІЗП МС-ГРХ МС-ВЕРХ

pishchevykh produktov [Safety of the use of polymeric materials for food packaging]. *Problemy kharchuvannya [Problems of Nutrition].* 2004;1(2):60-62. Russian.

2. Vred plastika. Opredelyaem kakoy plastik vreden a kakoy net [The harm of plastic. Determining which plastic is harmful and which is not]. http://www.novstroj.ru/articles/vred-plastika-opredelyaem-kakoj-plastik-vreden-a-kakoj-net Russian.

3. Plastic pollution harms bacteria that produce 10 per cent of oxygen we breathe, study reveals. *The Independent.* 2019, May 14. https://www.independent.co. uk/climate-change/news/plastic-pollution-bacteria-oxygen-damage-environment-study-a8912931.html

4. Great Pacific Garbage Patch plastic removal system could become world's biggest piece of marine debris', critics say. https://www.abc.net.au/news/science/2018-05-08/great-pacific-garbage-patch-plastic-ocean-cleanup-boyan-slat/9714246

5. Kerber ML, Bukanov AM, Wolfson SI, Gorbunova IYu, et al. Fizicheskie i khimicheskie protsessy pri pererabotke polimernykh materialov [Physical and chemical processes in polymer processing]. St. Petersburg : Nauchnye osnovy i tekhnologii; 2013. 320 p. Russian.

6. Commission Regulation (EU) № 10/2011 of January 14, 2011 on plastic materials and articles intended to come into contact with food. *Official Journal of the European Union.* 2011 Jan 15;12:153 p.

7. Dopustimye kolichestva migracii (DKM) khimicheskikh veshchestv, vydelyaemykh iz polimernykh i drugikh materialov, kotorye kontaktiruyut s pishchevymi produktami i metody ikh opredeleniya [Permissible migration limits for chemicals released from polymeric and other materials in contact with food and methods of their determination]. SanPiN 42-123-4240-86. 15 p. Not in force in Ukraine since 2017. Russian.

8. Shafran LM, Timoshyna DP, Basalaeva LV. Novye razrabotki v oblasti gigieny i toksikologii polimernykh i sinteticheskikh materialov transportnogo naznacheniya [Latest developments in hygiene and toxicology of polymeric and synthetic materials for transport use]. *Aktualnye problemy transportnoy meditsiny [Topical Issues of Transport Medicine].* 2012;4(30):16-24. Russian.

9. Pikhteeva OG, Basalaeva LV. K voprosu otsenki dopustimogo kolichestva migracii tyazhelykh metalov, kontaktiruyushchikh s vodoy i pishchevymi produktami [On assessing the permissible migration of heavy metals in contact with food and water]. *Dovkillia ta zdorovia [Environment and Health].* 2010;4:45-50. Ukrainian.

10. Pro zatverdzhennya hihiienichnykh rehlementiv dopustymoho vmistu khimichnykh i biolohichnykh rechovyn v atmosfernomu povitri naselenykh mist : Nakaz Ministerstva okhorony zdorovia Ukrainy № 52 vid 14.01.2020 [On approval of hygienic regulations for the permissible content of chemical and biological substances in the ambient air of populated areas : Order of the Ministry of Health of Ukraine № 52 of January 14, 2020]. Ukrainian.

11. DSanPiN 2.2.4-171-10. Hihiienichni vymohy do vody pytnoyi, pryznachenoyi dlya spozhyvannya lyudynoyu : Nakaz Ministerstva okhorony zdorovia Ukrainy № 400vid 12.05.2010 [Hygienic requirements for drinking water intended for human consumption: Order of the Ministry of Health of Ukraine № 400 of 12.05.2010]. Ukrainian.

12. Derzhavni hihiienichni pravyla i normy: Rehlyament maksymal'nykh rivniv okremykh zabrudnyuyuchykh rechovyn u kharchovykh produktyakh: Nakaz Ministerstva okhorony zdorovia Ukrainy № 368 vid 13.05.2013 [Regulation of Maximum Levels of Certain Contaminants in Food : Order of the Ministry of Health of Ukraine № 368 of 13.05.2013]. Ukrainian.

13. Derzhavni sanitarni pravyla i normy: Papir i karton na osnovi makulatury, shcho pryznacheni dlya pakuvannya sukhykh kharchovykh produkiv : Nakaz Ministerstva okhorony zdorovia Ukrainy № 746 vid 13.11.2006 [Paper and cardboard based on recycled materials for packaging dry food products : Order of the Ministry of Health of Ukraine № 746 of 13.11.2006]. Ukrainian.

14. European Parliament and Council. Regulation (EC) № 1935/2004 of October 27, 2004. On materials and articles intended to come into contact with food. *Official Journal of the European Union*. L338/4. 2004 Oct 27.

15. Council of the European Communities. Directive 82/711/EEC of October 18, 1982 laying down basic rules for testing the migration of components of plastic materials and articles intended to come into contact with food (Directive 82/711/EEC on testing plastic materials

for food contact). *Official Journal of the European Communities.* L297/26. 1982 Oct 23.
16. DSTU ISO 11885:2019. Yakist vody. Vyznachennia 33 elementiv metodom atomno-emisiinoi spektroskopii z induktyvno zviazanoiu plazmoiu (AES-IZP) [DSTU ISO 11885:2019 Water quality: Determination of 33 elements by ICP-AES]. Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy; 2019. Ukrainian.
17. DSTU ISO 8391-2:2002. Posud kukhonnyi keramichnyi v kontakti z yizheiu. Vydiliannia svyntsiu ta kadmiiu. Chastyna 2. Dopustymi mezhi (ISO 8391-2:1986, IDT) [Ceramic kitchenware in contact with food. Release of lead and cadmium. Part 2: Permissible limits]. Ukrainian.
18. DSTU ISO 4531-2:2001. Posud zi sklovydnym emalevym pokryttiam. Vydiliannia svyntsiu ta kadmiiu z emalovanykh vyrobiv v kontakti z yizheiu. Chastyna 2. Dopustymi mezhi (ISO 4531-2:2000, IDT) [Vitreous enamelled tableware. Release of lead and cadmium from enamelled articles in contact with food. Part 2: Permissible limits]. Ukrainian.
19. DSTU ISO 10301:2004. Yakist vody. Vyznachennia vysokoletiuchykh halohenuvanykh vuhlevodniv metodom hazovoi khromatohrafii [Water quality: Determination of halogenated hydrocarbons by gas chromatography] (ISO 10301:1997, IDT). Ukrainian.
20. Pack EC, Lee KY, Jung JS, Jang DY. Determination of the migration of plastic additives and non-intentionally added substances into food simulants and the assessment of health risks from convenience food packaging. Food Packaging and Shelf Life. 2021;30:100736. https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2021.100736
21. Luo RJ, Lin QB, Zhu L, Yan JW, Li Z. Detection of primary aromatic amines content in food packaging ink and migration from printed plastic bags. *Food Packaging and Shelf Life.* 2022;32:100820. https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2022.100820
22. Vitrac O, Hayert M. Risk assessment of migration from packaging materials into foodstuffs. *AIChE J.* 2005;51(4):1080-95. https://doi.org/10.1002/aic.10462
23. Bandara R, Indunil GM. Food packaging from recycled papers: chemical, physical, optical properties, and heavy metal migration. *Heliyon.* 2022;8:e10959. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e10959
24. Pilevar Z, Bahrami A, Beikzadeh S, Hosseini H, Jafari SM. Migration of styrene monomer from polystyrene packaging materials into foods: characterization and safety evaluation. *Trends in Food Science & Technology.* 2019;91:248-61. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.07.020
25. Bumbudsanpharoke N, Jinkarn T. Effect of high-pressure food processing on selected flexible packaging: Structure, physicochemical properties, and migration. *Journal of Food Engineering.* 2022;321:110970. https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2022.110970
26. Xue M, Chai XS, Li X, Cheng RQ. Migration of organic contaminants into dry powdered food in paper packaging materials and the influencing factors. *Journal of Food Engineering.* 2019;262:75-82. https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2019.05.018
27. Wang C, Gao W, Liang Y, Jiang Y, Wang Y, Zhang Q, Jiang G. Migration of chlorinated paraffins from plastic food packaging into food simulants: concentrations and differences in congener profiles. *Chemosphere.* 2019;225:557-64. https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.03.039
28. Lema S, Dickey J, Schultz I, Swanson P. Dietary exposure to 2,2 ,4,4 -tetrabromodiphenyl ether (PBDE-47) alters thyroid status and thyroid hormone-regulated gene transcription in the pituitary and brain. *Environmental Health Perspectives.* 2008;116(12):1694-9. https://doi.org/10.1289/ehp.11570

Внески авторів:
Андрусишина І. – ідея статті, виконання аналітичних досліджень, математична обробка отриманих результатів та їх аналіз, підготовка матеріалів до друку;
Малецький З. – пошук наукової літератури, підготовка матеріалів до друку;
Лампека О.Г.– виконання ОЕС-ІЗП та ФМ досліджень, підготовка матеріалів до друку;
Голуб І.О. – виконання ОЕС-ІЗП та ФМ досліджень, пошук даних літератури;
Заєць Є.Р. – виконання ГРХ досліджень, математична обробка отриманих результатів.

Інформація щодо джерел фінансування дослідження: Дослідження виконано за темою: «Наукове обґрунтування безпечних рівнів контамінації токсичними металами біологічних середовищ людини за критеріями дезадаптації населення та працівників в умовах військових дій в Україні»№ ДР0123U101030 за рахунок бюджетного фінансування.

Конфлікт інтересів. Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

Надійшла до редакції 24.03.2025.