

UDC 658.8:004.912

Krestyanpol L. Ph.D., Engineering

Lutsk National Technical University / Ukraine

**ECONOMIC FEASIBILITY OF SMART PACKAGING UNDER THE GLOBAL INITIATIVE "SAVE FOOD"**

**ЕКОНОМІЧНА ДОЦІЛЬНІСТЬ СТВОРЕННЯ РОЗУМНОЇ УПАКОВКИ В МЕЖАХ ГЛОБАЛЬНОЇ ІНІЦІАТИВИ "SAVE FOOD"**

**Abstract:** *The scientific article is devoted to the global problem of combating food waste and food losses. In this paper, the author analyzes the causes of food losses at the stages of production; calculates the percentage-based importance factor of the causes of food losses and food waste; emphasizes the need to create a specific technical solution within the Save Food Initiative. The result of the work is the creation of a smart packaging that will control the shelf life of food products, which will reduce food waste at the stages of production, storage, and consumption. The author proposes an initial algorithm for creating smart packaging as the first step towards the development of a global system for the management and sustainable use of natural resources.*

**Анотація:** *Наукова стаття присвячена глобальній проблемі боротьби з харчовими відходами та втратами продуктів харчування. У роботі автор аналізує причини появи втрат харчових продуктів на етапах їх виробництва. Розраховує відсотковий показник вагомості причин втрат харчових продуктів на появу харчових відходів. Описує необхідність створення певного технічного рішення в межах Save Food Initiative. Результатом роботи є створення розумної упаковки, яка контролюватиме термін придатності харчових продуктів, що дасть змогу зменшити появу харчових відходів на етапах виробництва, зберігання та споживання. Автором запропоновано початковий алгоритм дій для створення розумної упаковки, як перший крок до розробки глобальної системи управління та раціонального використання природних ресурсів.*

**Keywords:** *smart packaging, "Save Food" initiative, contactless methods for reading information, identification key, label, importance factor, RFID-system.*

**Ключові слова:** *розумна упаковка, ініціатива "Save Food", безконтактні способи зчитування інформації, ідентифікаційний ключ, мітка, показник вагомості, RFID-системи.*

**INTRODUCTION**

For two decades, humanity has been actively discussing and solving the problem of recycling packaging. As a result, new packaging processing technologies, new environmentally friendly packaging materials, and packaging methods emerge. However, now there is another issue that is becoming more global and is little studied. This is the issue of the sustainable use of natural resources. According to studies carried out by international organizations (UN, FAO, and UNEP), food waste is the major source of environmental pollution in the world today. Every year, the Planet produces 4 billion tons of food products, of which the third part goes to waste (1.3 tons of waste) [7].

In its turn, the UN has developed the "Save Food" initiative, which sets itself genuinely global goals - to find effective ways to reduce the level of food waste and food losses, preserve and manage the natural resources used by humans, reduce human exposure to the environment, and fight with malnutrition and hunger on a global scale. Within the framework of the initiative, the author has proposed the creation of a smart packaging concept that would ensure the proper storage of food products and prevented food waste.

**ВСТУП**

Впродовж двох десятиріч років людство активно обговорює та вирішує проблему утилізації упаковки. В результаті виникають нові технології по переробці упаковки, нові екологічні пакувальні матеріали, та способи пакування. Проте наразі існує інша проблема, яка є глобальнішою та малодослідженою. Цєю проблемою є раціональне використання природних ресурсів. Відповідно до досліджень міжнародних організацій (ООН, FAO и UNEP), головним джерелом екологічного забруднення в світі на сьогоднішній день є харчові відходи. Щороку на планеті виробляється 4 млрд. тонн харчових продуктів, з яких третя частина йде у відходи (1,3 тонни відходів)[7].

В свою чергу ООН розробило програму «Save Food» яка ставить перед собою по-справжньому глобальні цілі - знайти ефективні способи зниження рівня харчових відходів та втрат харчових продуктів, збереження та раціональне використання природнихресурсів якимм володіють люди, зменшення впливу людини на екологію, а також боротьби з недоїданням і голодом у світовому масштабі. У межах цієї ініціативи мною запропоновано створення концепції розумної

упаковки, яка б забезпечувала належне зберігання харчових продуктів, та попереджала появу харчових відходів.

### ANALYSIS OF LITERARY SOURCES

The problem of combating food waste is actively studied by I. Miroshnyk [8], who in her works actively calls for raising awareness on the issue. The organizational foundations for the creation of a smart packaging are described in the work of A. Butryn [2], and L. Beketov [1]. The technical side of RFID system work, namely spatial localization, was studied by D. Savochkin [9], C. Scholz [10], L. M. Ni, [6]. In their turn, the author is considering the possibility of creating a concept of packaging that would function in the RFID system [5].

### АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

Дослідженням проблематики боротьби з харчовими відходами активно займається І. Мірошник [8], яка у своїх працях закликає до активного інформування, щодо цієї проблеми. Організаційні засади створення розумної упаковки описані у працях А. Бутрина [2], та Л. Бекетова [1]. Дослідженням технічної сторони роботи RFID системи, а саме просторовою локалізацією займався Д. Савочкін [9], С. Scholz [10], L. M. Ni, [6]. В свою чергу автор розглядає можливість створення концепції упаковки яка б функціонувала у RFID-системі [5].

### MAIN ARTICLE

Today, there is a tendency towards a rapid increase in the amount of food waste in the food production market, before the products even reach the stage of consumption. There are various causes in different regions of the world that lead to a problem of food losses and food waste. According to the Food and Agriculture Organization of the United Nations [7], the most significant losses occur in four groups of consumer goods. Namely, meat and meat products, fish and seafood, vegetables and fruits, dairy products.

### ОСНОВНИЙ ТЕКСТ СТАТТІ

Сьогодні на ринку виробництва харчових продуктів спостерігається тенденція до швидкого збільшення кількості харчових відходів, які виникають не доходячи до ланки споживання продукту. У різних регіонах світу існують різні причини, що призводять до виникнення проблеми продовольчих втрат і харчових відходів. За інформацією Food and Agriculture Organization of the United Nations [7] найбільші втрати відбуваються у чотирьох групах споживчих товарів. А саме: м'ясо і м'ясні товари, риба і морепродукти, овочі та фрукти, молочні продукти.



Fig. 1. Percentage of food losses at pre-production stage [7] / Втрати споживчих продуктів у відсотках до їх виробництва.

Food production consists of a certain list of technological operations, therefore for each consumer group, it should include the main stages (Fig. 2). In turn, at each of these stages, irreversible loss of products occurs. Based on the histograms provided by the Food and Agriculture Organization of the United Nations (Fig. 3), the causes of food losses at each stage of production have been analyzed.

Виробництво харчових продуктів складається з певного переліку технологічних операцій тому для кожної окремої споживчої групи він повинен включати основні етапи (Рис. 2). В свою чергу на кожному з цих етапів відбуваються незворотні втрати продуктів. На основі гістограм з інформацією наданою Food and Agriculture Organization of the United Nations (Рис. 3) нами проаналізовано причини втрати продуктів на кожному з етапів виробництва.

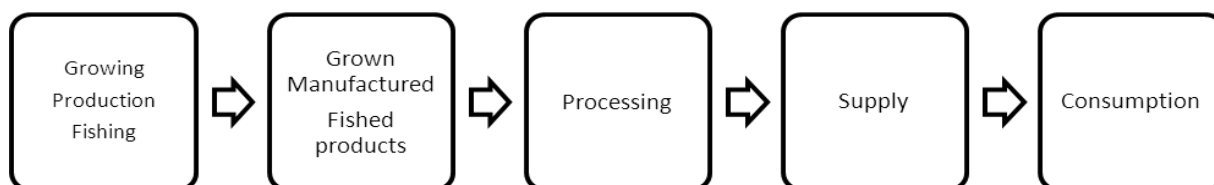


Fig. 2. List of technological operations of food production, *authors'* [4, p .121] / *Перелік технологічних операцій виробництва харчових продуктів, авторська розробка*

Having analyzed the statistical data, one can conclude that the highest percentage of food losses takes place at the stages of production, processing, supply, and consumption.

At the "Production" stage, food products may be lost due to the following reasons:

- insufficiently qualified staff involved in cultivation, catch, or production;
- climatic disasters;
- damage to food during gathering or catching, and defect formation;

loss of product due to lack of proper packaging.

Проаналізувавши статистичні данні можна зробити висновок, що найбільший відсоток втрат харчової продукції відбувається на етапах виробництва, обробки постачання та споживання.

На етапі "Виробництва" харчова продукція може втрачатись з наступних причин:

- недостатня кваліфікація персоналу що займається вирощуванням, виловом, або виробництвом;
- кліматичні катаклізми;
- пошкодження харчової продукції під час збору або вилову, та утворення дефекту;

втрата продукту у зв'язку з відсутністю належного упакування.

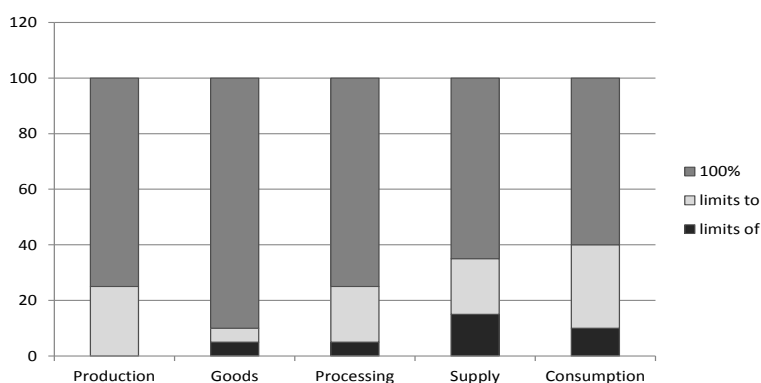


Fig. 3. Percentage of product loss at each stage of production *authors'* / *Відсоткове значення втрати продуктів на кожному з етапів виробництва, авторська розробка*

Having analyzed the statistical data, one can conclude that the highest percentage of food losses takes place at the stages of production, processing, supply, and consumption.

At the "Production" stage, food products may be lost due to the following reasons:

- insufficiently qualified staff involved in cultivation, take, or production;

Проаналізувавши статистичні данні можна зробити висновок, що найбільший відсоток втрат харчової продукції відбувається на етапах виробництва, обробки постачання та споживання.

На етапі "Виробництва" харчова продукція може втрачатись з наступних причин:

- недостатня кваліфікація персоналу що займається вирощуванням, виловом, або

- climatic disasters;
- damage to food during gathering or taking, and defect formation;
- loss of product due to lack of proper packaging.

At the "Products" stage, the caught, grown, manufactured food may be lost in case of its improper storage before the "Processing" stage.

At the "Processing" stage, food may be lost due to the following reasons:

- irregularities of the technological process;
- use of outdated equipment;
- defect formation;

At the "Supply" stage, losses amount to 35%; they occur due to violations of food storage conditions (violation of temperature regimes), and improper transportation (the selection of inappropriate transport containers).

Food at the "Consumption" stage suffer the greatest losses which can reach 40%. It happens due to the fact that most food products are not entirely sold by trading companies or are not consumed by consumers at all. As a result, there is a large amount of food waste.

Also, at the stages from "Production" to "Consumption" there are additional operations to preserve the consumer properties of the food product. These operations can last both for a short period (moving between workshops during production) and an extended period (storage during transportation, storage in warehouses, storage in trading networks). Table 1 shows percentage-based importance factor of the causes of food losses and food waste. Maintaining proper control over the conditions and packaging of food products during these additional operations will reduce the percentage of food waste.

виробництвом;

- кліматичні катаклізми;
- пошкодження харчової продукції під час збору або вилову, та утворення дефекту;
- втрата продукту у зв'язку з відсутністю належного упакування.

На етапі "Продукції" виловлена, вирощена, виготовлена харчова продукція може втрачатись у випадку неналежного її зберігання що відбувається перед етапом "Обробка".

На етапі "Обробка" харчова продукція може втрачатись з наступних причин:

- невідповідність технологічного процесу;
- використання застарілого обладнання;
- виникнення браку;

На етапі "Постачання" втрати досягають 35% це спричинено порушенням умов зберігання харчової продукції (порушення температурних режимів), та неналежне її транспортування (вибір не підходящої транспортної тари).

Продукція на етапі "Споживання" зазнає найбільших втрат що досягають 40 %. Це спричинено тим, що найчастіше харчова продукція у повному обсязі не реалізовується торговими підприємствами, або в повній мірі не споживається покупцями. Як наслідок, виникає велика кількість харчових відходів.

Також, на етапах від "Виробництва" до "Споживання" відбуваються додаткові операції збереження споживчих властивостей харчового продукту. Ці операції можуть бути як короткотривалими (переміщення між цехами при виробництві) так і довготривалими (зберігання під час транспортування, зберігання на складах, зберігання у торгових мережах). В таблиці 1 наведено відсотковий розподіл показника вагомості причин втрат харчових продуктів. Проведення належного контролю за умовами та упаковкою харчової продукції на цих додаткових операціях, дозволить зменшити відсоток появи харчових відходів.

Table 1

Percentage-based importance factor of the causes of food losses and food waste, authors' / Відсотковий показник вагомості причин втрат харчових продуктів на появу харчових відходів, авторська розробка

Item No./ № п.п	Stages and Causes of Loss / Етапи та причини втрат	Code/ Позначення	Importance factor % / Відсоток впливу %
1.	<b>Production / Виробництво</b>	<b>P</b>	<b>25</b>
	1.1. Insufficiently qualified staff /Недостатня кваліфікація персоналу;	P <sub>1.1</sub>	6,25
	1.2. Climatic disasters / Кліматичні катаклізми;	P <sub>1.2</sub>	6,25
	1.3. Damage to food during collection or catch, and defect formation / Пошкодження харчової продукції під час збору або вилову, та утворення дефекту;	P <sub>1.3</sub>	6,25
	1.4. Loss of product due to the lack of proper packaging / Втрата продукту у зв'язку з відсутністю належного упакування;	P <sub>1.4</sub>	6,25
2.	<b>Goods / Продукція</b>	<b>G</b>	<b>5</b>
	2.1. Improper storage / Неналежне зберігання;	G <sub>2.1</sub>	5
3.	<b>Processing / Обробка</b>	<b>PR</b>	<b>20</b>
	3.1. Irregularities of the technological process / Невідповідність	PR <sub>3.1</sub>	6,5

	<i>технологічного процесу;</i>		
	3.2. Use of outdated equipment / Використання застарілого обладнання;	PR <sub>3,2</sub>	6,5
	3.3. Defect formation / Виникнення браку;	PR <sub>3,3</sub>	7
4.	<b>Supply / Постачання</b>	<b>S</b>	<b>20</b>
	4.1. Violation of food storage conditions / Порушення умов зберігання харчової продукції;	S <sub>4,1</sub>	10
	4.2. Improper transportation / Неналежне транспортування;	S <sub>4,2</sub>	10
5.	<b>Consumption / Споживання</b>	<b>C</b>	<b>30</b>
	5.1. Past due goods in trading networks / Поява простроченої продукції в торгових мережах;	C <sub>5,1</sub>	15
	5.2. Past due goods in consumers / Поява простроченої продукції у споживачів;	C <sub>5,2</sub>	15

It is possible to solve the problem of increasing food waste through the use of information technology. In particular, the author proposes a concept for the development of smart packaging that will work within the RFID system.

Smart packaging is an innovative development that has an expanded spectrum of action and offers additional features [3]. In particular, the innovation lies in the ability to track the shelf life, storage, and transportation conditions of the food product in a contactless and automated manner.

The introduction of such additional functions will reduce the importance factor of the causes of food losses in as many as 6 categories: P<sub>4,1</sub>, G<sub>2,1</sub>, S<sub>4,1</sub>, S<sub>4,2</sub>, C<sub>5,1</sub>, C<sub>5,2</sub>. It is forecasted that the importance factor will be reduced by 61.25%, which will result in the conservation and sustainable use of food products.

The functioning of the automated system for smart packaging is based on the use of information technology consisting of the following components: technical support, organizational support, methodological support, software.

Technical support for the implementation of the concept includes radio frequency tags, radio frequency readers, computer equipment required for processing and output of the information received, and auxiliary equipment necessary for the functioning of the system.

The author proposes the following algorithm of actions.

- Determining the shelf life of products. Depending on the type of products (meat, fish, vegetables, dairy products), the shelf life at each of the stages of production and the selection of optimal packaging for each type are determined.
- Marking packaging with RFID labels, and their programming.
- Reading and product search process.

At the first stage, the maximum shelf life of the product in the package according to the regulated conditions is determined. For example, thermally unprocessed milk can be stored for 6 hours at a temperature of + 8 ° C and 24 hours at + 4 ° C. This refers to the stage of production and transportation.

Вирішення проблеми збільшення появи харчових відходів можливо за допомогою використання інформаційних технологій. Зокрема автор пропонує концепцію розробки розумної упаковки яка працюватиме у RFID системі.

Розумна упаковка – це інноваційна розробка, яка має розширений спектр дії, і якій властиві додаткові функції [3]. Зокрема, інновація полягає у можливості відслідковувати термін придатності, умови зберігання та транспортування харчового продукту безконтактно та автоматизовано.

Введення таких додаткових функцій дозволить зменшити показник вагомості причин втрат харчових продуктів аж за 6-ма категоріями: P<sub>4,1</sub>, G<sub>2,1</sub>, S<sub>4,1</sub>, S<sub>4,2</sub>, C<sub>5,1</sub>, C<sub>5,2</sub>. Прогнозовано, що в сумі відсотковий вплив зменшиться на 61,25%, що спричинить збереження та раціональне використання харчових продуктів.

Функціонування автоматизованої системи для розумної упаковки ґрунтується на використанні інформаційної технології яка складається з наступних компонентів: технічне забезпечення, організаційне забезпечення, методичне забезпечення, програмне забезпечення.

До технічного забезпечення реалізації концепції відносяться радіочастотні мітки, радіочастотні зчитувачі, комп'ютерна техніка необхідна для обробки та виведення отриманої інформації, та допоміжна техніка необхідна для функціонування системи.

Автором пропонується наступний алгоритм дій.

- Визначення термінів зберігання продукції. В залежності від виду продукції (м'ясо, риба, овочі, молочні продукти) визначається терміни зберігання на кожному із етапів виробництва та підбір оптимальної упаковки для даного виду.
- Маркування упаковки RFID мітками, та програмування їх.
- Зчитування та процес пошуку продукту.

На першому етапі визначається граничний термін зберігання продукту у упаковці за регламентованих умов. Наприклад термічно необроблене молоко можливо зберігати 6 год при температурі +8 °C та 24 год при температурі +4 °C. Це стосується етапу виробництва та

The storage period of heat-treated milk packaged in consumer packaging is 10 days at a temperature of +4 - 8 °C.

At the second stage, consumer packaging is marked with labels. In turn, each label is programmed depending on the product and the shelf life.

Every hour or day has its own unique identification key. For example, for a thermally unprocessed milk, the code on the label will consist of 5 basic codes, 1 warning code, and 3 signaling codes.

At the stage of reading and searching for a product, an algorithm for the classification of label codes is established [9, p.91].

Organizational and methodological support is a combination of specific algorithms of actions and techniques that are used to maintain the functioning of the system [4, p.125]. This includes the planning of space for storage of the product, the timekeeping of the reader.

The software is one of the main components of information technology, because it allows collecting, accumulating, processing, analyzing, storing received information and adapting it to user experience [4, p.124].

Each component of information technology provides the functioning of an automated system for smart packaging.

### CONCLUSIONS

The author investigates the problem of food waste, highlights and classifies the causes of food waste, and proposes a solution to this problem.

In the course of analyzing the causes of food losses and calculating the importance factor, it was found that the highest percentage of food losses takes place at the stage of production - 25% and consumption - 30%. Based on these findings, it is proposed to create a concept of smart packaging that will operate at these stages. The initial algorithm of action for packaging creation is developed, and RFID tagging method is proposed.

### REFERENCES

- [1] Beketova, L.V. & Bezuglaya N.A. (2016). *Addition of nanotechnologies in food industry*. Science in the modern world, Vol.1 (14). 86-88.
- [2] Butrin, A.V. (2015). *Use of RFID technology in the warehouse of temporary storage*. Actual problems of aviation and cosmonautics, Issue 2 (11). 847-849.
- [3] Gavva, O.M., Tokarchuk, S.V., & Kokhan, O.O. (2013). *Smart Packing for Food*. Packaging, Vol 2. 36-40.
- [4] Palchevsky, B., Krestyanpol, H. & Krestyanpol L. (2015). *The using information technologies in the*

транспортування. Для упакованого в споживчу тару стерилізованого молока терміни зберігання становлять 10 діб при температурі +4 - 8 °C.

На другому етапі споживча упаковка маркується мітками. В свою чергу кожна мітка програмується в залежності від продукту та термінів зберігання.

Кожна година або день має свій унікальний ідентифікаційний ключ. Наприклад для термічно необробленого молока код на мітці буде складатись з 5 – основних кодів одного попереджувального та 3 - ох сигнальних.

На етапі зчитування та пошуку продукту закладається алгоритм класифікації кодів мітки [9, с. 91].

Організаційне та методичне забезпечення являють собою сукупністю певних алгоритмів дій та методик які виконують для підтримання функціонування системи [4, с. 125]. Сюди відноситься планування зон приміщень для зберігання продукту, хронометраж роботи зчитувача.

Програмне забезпечення є одним із головних компонентів інформаційної технології, адже воно дозволяє здійснювати збір, накопичення, обробку, аналіз, зберігання отриманої інформації та адаптує її для сприйняття користувачам [4, с.124].

Кожен компонент інформаційної технології забезпечує функціонування автоматизованої системи для розумної упаковки.

### ВИСНОВКИ

У роботі автором досліджено проблему появи харчових відходів, виділено та здійснено класифікацію причин появи відходів харчових продуктів, запропоновано вирішення даної проблеми.

Під час проведеного аналізу причин появи втрати харчових продуктів та розрахунку коефіцієнта вагомості впливу автором встановлено що найбільший відсоток втрат харчових продуктів відбувається на етапах виробництва 25%, та споживання 30%. Відповідно до цих результатів запропоновано створення концепції розумної упаковки, яка діятиме на даних етапах. Розроблено початковий алгоритм дій для створення упаковки, та запропоновано методику кодування RFID-міток.

### БІБЛІОГРАФІЧНІ ПОСИЛАННЯ

- [1] Бекетова Л.В., Безуглая Н.А. Применение нанотехнологий в пищевой промышленности. // Наука в современном мире. 2016. Вип. 1(14). С.86-88.
- [2] Бутрин А.В. Использование RFID-технологии на складе временного хранения. Актуальные проблемы авиации и космонавтики // 2015. Вип. 2(11). С.847-849.
- [3] Гавва О.М. Smart-пакування для харчових продуктів / О.М. Гавва, С.В. Токарчук, О.О. Кохан // Упаковка. Вип. № 2. – К, 2013. – С 36-40.
- [4] Інформаційні технології в проектуванні системи захисту пакованої продукції : монографія / Б.О. Пальчевський, О.А. Крестьянполь, Л.Ю.

- designing of the system for protection of packed products* [Monograph]. Tower - Print, 160.
- [5] Krestyanpol, L. & Krestyanpol, O. (2016). *The developing of information technology for protection packing*. Modern Science – Moderni veda, Vol. 3. 105-109. ISSN 2336-498X.
- [6] Ni, L. M., Zhang, D. & Souryal, M. R. (2011). *RFID-based localization and tracking technologies*. Wireless Communications, vol. 18 (2). 45 – 51.
- [7] Official website of the Food and Agriculture Organization of the United Nations (<http://www.fao.org/save-food/resources/keyfindings/infographics/fruit/en/>).
- [8] Miroshnik, I. (2016. 05. 05). *Why SAVE FOOD is important for Ukraine* [Electronic resource]. Access mode: <http://savefood-ua.com/blog/92/>.
- [9] Savochkin, D.A. (2013). *Object spatial localization method based on classification process for use in RFID systems*. Radioelectronic and computer systems, Vol. 4. 89-97.
- [10] Scholz, C. (2011). *Resource-aware on-line RFID localization using proximity data*. Machine Learning and Knowledge Discovery in Databases, Vol. 6913. 129 – 144.
- Крестьянполь; за ред. проф. Б.О. Пальчевського. – Луцьк : Вежа – Друк, 2015. – 160 с.
- [5] Krestyanpol, L. & Krestyanpol, O. (2016). *The developing of information technology for protection packing*. Modern Science – Moderni veda, vol. 3. 105-109. ISSN 2336-498X.
- [6] Ni, L. M., Zhang, D. & Souryal, M. R. (2011). *RFID-based localization and tracking technologies*. Wireless Communications, vol. 18 (2). 45 – 51.
- [7] Офіційний сайт Food and Agriculture Organization of the United Nations [Електронний ресурс]: SAVE FOOD: Global Initiative on Food Loss and Waste Reduction. — Режим доступу: <http://www.fao.org/save-food/resources/keyfindings/infographics/fruit/en/>. Назва з екрану. – Дата перегляду : 08.11.2017.
- [8] Почему програма «SAVE FOOD» важна для Украины [Електронний ресурс] / Ирина Мірошник. — Електрон. дані. — Київ, 2016. — Режим доступу : <http://savefood-ua.com/blog/92/>. – Назва з екрану. – Дата перегляду : 08.11.2017.
- [9] Савочкин Д. А. Метод пространственной локализации объектов на основе процедуры классификации для использования в RFID - системах . // Радиоелектронні та комп'ютерні системи. 2013. Вип. 4. С.89-97.
- [10] Scholz, C. (2011). *Resource-aware on-line RFID localization using proximity data*. Machine Learning and Knowledge Discovery in Databases, Vol. 6913. 129 – 144.