



---

---

2018

# НАУКОВІ ПРАЦІ

## НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Том 24 № 4

*Журнал*  
*«Наукові праці Національного університету харчових технологій»*  
*засновано в 1993 році*

КИЇВ ✦ НУХТ ✦ 2018

Articles with the results of fundamental theoretical developments and applied research in the field of technical and economic sciences are published in this journal. The scripts of articles are reviewed beforehand by leading specialists of corresponding branch.

The journal was designed for professors, tutors, scientists, post-graduates, students of higher education establishments and executives of the food industry.

Journal “Scientific Works of National University of Food Technologies” is included into the list of professional editions of Ukraine of technical and economic sciences (Decree of MES of Ukraine # 241 from September 3, 2016), where the results of dissertations for scientific degrees of PhD and candidate of science can be published.

The Journal “Scientific Works of National University of Food Technologies” is indexed by the following scientometric databases:

- Index Copernicus
- EBSCOhost
- CABI Full Text
- Universal Impact Factor
- Google Scholar

The Journal is recommended for publication of research results by the Ministry of Science and Higher Education of Poland.

**Editorial office address:**

National University of  
Food Technologies  
Volodymyrska str., 68,  
building B, room 412  
01601 Kyiv, Ukraine

Recommended for publication by the Academic Council of the National University of Food Technologies. Minutes of meeting # 1 from 7th of September, 2018

© NUFT, 2018

У журналі публікуються статті за результатами фундаментальних теоретичних розробок і прикладних досліджень у галузі технічних та економічних наук. Рукописи статей попередньо рецензуються провідними спеціалістами відповідної галузі.

Для викладачів, наукових працівників, аспірантів, докторантів і студентів вищих навчальних закладів, керівників підприємств харчової промисловості.

Журнал «Наукові праці Національного університету харчових технологій» включено в перелік наукових фахових видань України з технічних та економічних наук (Наказ МОН України № 241 від 09.03.2016), в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук.

Журнал «Наукові праці Національного університету харчових технологій» індексується такими наукометричними базами:

- Index Copernicus
- EBSCOhost
- CABI Full Text
- Universal Impact Factor
- Google Scholar

Журнал рекомендовано Міністерством науки і вищої освіти Польщі для публікації результатів наукових досліджень.

**Адреса редакції:**

Національний університет  
харчових технологій  
вул. Володимирська, 68,  
корпус Б, к. 412,  
м. Київ, 01601

Рекомендовано вченою радою Національного університету харчових технологій. Протокол № 1 від 7 вересня 2018 року

© НУХТ, 2018

## Редакційна колегія

Склад редакційної колегії журналу

«Наукові праці Національного університету харчових технологій»

### Головний редактор Editor-in-Chief

Анатолій Українець  
Anatoliy Ukrainets

д-р техн. наук, проф., Україна  
Ph. D. Hab., Prof., National University of Food  
Technologies, Ukraine

### Заступник головного редактора Deputy chief editor

Олександр Шевченко  
Olexander Shevchenko

д-р техн. наук, проф., Україна  
Ph. D. Hab., Prof., National University of Food  
Technologies, Ukraine

### Відповідальний секретар Accountable secretary

Юрій Пенчук  
Yuriy Penchuk

канд. техн. наук, доц., Україна  
Ph. D. As., Prof., National University of Food Technologies,  
Ukraine

## Члени редакційної колегії:

Анатолій Зайнчковський  
Anatoly Zainchkovskiy

д-р екон. наук, проф., Україна  
Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies,  
Ukraine

Анатолій Ладанюк  
Anatoly Ladanyuk

д-р техн. наук, проф., Україна  
Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies,  
Ukraine

Анатолій Сайганов  
Anatoly Sayganov

д-р екон. наук, проф., Білорусь  
Ph. D. Hab., Prof., Institute of System Research in  
Agroindustrial Complex of NAS of Belarus, Belarus

Анжей Ковальський  
Anzhey Kowalski

д-р екон. наук, проф., Польща  
Ph. D. Hab., Prof., Institute of Agricultural and Food Economics,  
Poland

Брайан Мак Кенна  
Brian McKenna

д-р техн. наук, проф., Ірландія  
Ph. D. Hab., Prof., University College Dublin, Ireland

Василь Пасичний  
Vasyl Pasichnyi

д-р техн. наук, проф., Україна  
Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies,  
Ukraine

Віктор Доценко  
Victor Dotsenko

д-р техн. наук, проф., Україна  
Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies,  
Ukraine

Віра Оболкіна  
Vera Obolkina

д-р техн. наук, Україна  
Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies,  
Ukraine

Віктор Ємцев  
Viktor Yemtsev

д-р екон. наук, проф., Україна  
Ph. D. Hab., Prof., National University of Food  
Technologies, Ukraine

Володимир Зав'ялов  
Vladimir Zavalov

д-р техн. наук, Україна  
Ph. D. Hab., National University of Food Technologies,  
Ukraine

Галина Поліщук  
Halyna Polishchuk

д-р техн. наук, проф., Україна  
Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies,  
Ukraine

|   |   |
|---|---|
| <b>Герхард Шльонінг</b><br><b>Gerhard Schleining</b>                    | д-р техн. наук, Австрія<br>Ph. D. Hab., Prof., University of Natural Resources, Austria                 |
| <b>Дайва Лескаускайте</b><br><b>Daiva Leskauskaite</b>                  | д-р техн. наук, проф., Литва<br>Ph. D. Hab., Prof., Kaunas University of Technology, Lithuania          |
| <b>Іван Малезик</b><br><b>Ivan Malezhyk</b>                             | д-р техн. наук, проф., Україна<br>Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine |
| <b>Кристина Сильва</b><br><b>Cristina L.M.Silva</b>                     | д-р техн. наук, проф., Португалія<br>Ph. D. Hab., Prof., University de Catolica, Portuguesa             |
| <b>Лада Ширініян</b><br><b>Lada Shyrinian</b>                           | д-р екон. наук, проф., Україна<br>Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine |
| <b>Лариса Арсеньєва</b><br><b>Larisa Arsenyeva</b>                      | д-р техн. наук, проф., Україна<br>Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine |
| <b>Микола Прядко</b><br><b>Mykola Pryiadko</b>                          | д-р техн. наук, проф., Україна<br>Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine |
| <b>Наталія Гусятинська</b><br><b>Natalia Gusyatyunska</b>               | д-р техн. наук, проф., Україна<br>Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine |
| <b>Олександр Бутнік-Сіверський</b><br><b>Oleksandr Butnik-Siverskyi</b> | д-р екон. наук, проф., Україна<br>Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine |
| <b>Олександр Литвиненко</b><br><b>Oleksandr Lytvynenko</b>              | д-р техн. наук, проф., Україна<br>Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine |
| <b>Олександр Перепелиця</b><br><b>Oleksandr Perepelitsa</b>             | д-р хім. наук, проф., Україна<br>Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine  |
| <b>Паола Піттія</b><br><b>Paola Pittia</b>                              | д-р техн. наук, проф., Італія<br>Ph. D. Hab., Prof., University of Teramo, Italy                        |
| <b>Петро Шиян</b><br><b>Petro Shyian</b>                                | д-р техн. наук, проф., Україна<br>Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine |
| <b>Саверіо Манніно</b><br><b>Saverio Mannino</b>                        | д-р хім. наук, проф., Італія<br>Ph. D. Hab., Prof., University of Milan, Italy                          |
| <b>Світлана Бондаренко</b><br><b>Svitlana Bondarenko</b>                | д-р хім. наук, проф., Україна<br>Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine  |
| <b>Хууб Лелієвельд</b><br><b>Huub Lelieveld</b>                         | Нідерланди<br>Ph. D. Hab., Prof., President of the Global Harmonization Initiatives, Netherlands        |

## ЗМІСТ

**Автоматизація та інформаційні технології**  
*Чаплінський Ю.П.* Одна реалізація знаннє-орієнтованої інформаційної системи з безпеки продуктів харчування

*Лобок О.П., Савицька Н.М., Гончаренко Б.М., Сич М.А.* Задача оптимального мінімаксного граничного керування об'єктами з розподіленими параметрами

*Міркевич Р.М., Пупена О.М.* Оперативно-календарне планування як основа ефективної діяльності сучасних молочних підприємств

### **Біотехнологія і мікробіологія**

*Пирог Т.П., Гершитман А.Ю., Пенчук Ю.М.* Інтенсифікація синтезу практично важливих мікробних метаболітів на суміші субстратів  
*Шаповалов Є.Б., Салюк А.І., Котинський А.В.* Дослідження стабільності метаногенезу курячого посліду у твердофазових умовах

### **Економіка і соціальний розвиток**

*Чигринець О.А.* Адаптація як інструмент підвищення стресостійкості персоналу  
*Романенко В.М.* Моделювання оцінки рейтингу університету з використанням математичних методів

*Петухова О.М., Журавель Ю.О.* Моніторинг стану та перспективи розвитку експортного потенціалу молочної промисловості України  
*Нікітіна Т.А., Богуславський О.В.* Економічні суперечності глобалізації

*Страшинська Л.В., Самонова Т.Б.* Моделі інтегрованих маркетингових комунікацій туристичних підприємств

*Шірінян Л.В., Еш С.М.* Міжбюджетні відносини в Україні в сучасних умовах  
*Зайчківський А.О., Кушніренко А.М.* Ринок мінеральної води в Україні: проблеми якості та безпеки

*Березянюк Т.В.* Стан інноваційної системи України

### **Охорона праці і цивільний захист**

*Володченко Н.В.* Ідентифікація та оцінювання професійного ризику підприємства методом експлуатаційної безпеки і працездатності

### **Процеси і апарати харчових виробництв**

*Соколенко А.І., Шевченко О.Ю., Степанець О.І., Вінніченко І.* Анаеробне бродіння в екстремальних режимах

### **Тепло- і енергопостачання**

*Вольчин І.А., Гапонич Л.С., Згоран І.П.* Вибір технології десульфуризації димових газів для українських вугільних теплових електростанцій

## CONTENTS

**Automation and Information Technologies**  
7 *Chaplinsky Y.* Realization of knowledge-oriented informational system of food safety

19 *Lobok O., Savizkaia N., Goncharenko B., Sych M.* The problem of the optimal minimax limit control of objects with distributed parameters

29 *Mirkevich R., Pupena A.* Planning and scheduling as the basis of effective activity of modern dairy enterprises

### **Biotechnology and Microbiology**

41 *Pirog T., Gershtman A., Penchuk Yu.* Intensification of synthesis of practically important microbial metabolites on substrates mixture

57 *Shapovalov Ye., Salyuk A., Kotynsky A.* The reaserch of the dry chicken manure methanogenesis stability in solid-phase conditions

### **Enterprise Economy and Social Development**

65 *Chyhrynets O.* Adaptation as staff stress resistance increasing tool

73 *Romanenko V.* Modeling the evaluation of university's rating by mathematical methods

82 *Pietukhova O., Zhuravel Ju.* Monitoring the status and prospects for development of export potential of the dairy industry of Ukraine

91 *Nikitina T., Boguslavskyy A.* Economic contradictions of globalization

103 *Strashynska L., Samonova T.* Models of integrated marketing communications of tourist enterprises

111 *Shirinyan L., Esh S.* inter-budgetary relations in Ukraine in modern conditions

120 *Zainchkovskiy A., Kushnirenko A.* Market of mineral water in Ukraine: problems of quality and safety

130 *Berezianko T.* State of the innovative system of Ukraine

### **Occupational Health and Civil Protection**

139 *Volodchenkova N.* Identification and evaluation of professional risk at the enterprise by method of operation safety and efficiency

### **Processes and Equipment for Food Industries**

146 *Sokolenko A., Shevchenko A., Stepanets O., Vinnichenko I.* Anaerobic fermentation at extreme regimes

### **Heat and Electricity**

154 *Volchyn I., Haponych L., Zhoran I.* Selection of the technology of desulfurization of flue gases for ukrainian coal-burning thermal power plants

- Павелко В.І., Лісовик Д.В., Терепенко М.В.* 169 *Pavelko V., Lisovyk D., Terepenko M.* Improvement of the system of technical water supply of the power complex
- Харчові технології**
- Рідкоус В.В.* 178 *Ridkous V.* Determination of fermentative yeast activity by ethanol by refractometric method
- Носенко Т.Т., Бабенко В.І., Бахмач В.О., Кубайчук О.О.* 185 *Nosenko T., Babenko V., Bakhmach V., Kubaychuk O.* Optimization of mayonnaise emulsion recipe with egg protein
- Пасічний В.М., Українець А.І., Храпачов О.В., Маринін А.І.* 195 *Pasichnyi V., Ukrainets A., Khrapachov O., Marynin A.* Main aspects of using multilayer polymeric materials for pasteurization and sterilization of products in the meat processing industry
- Сімахіна Г.О., Науменко Н.В.* 204 *Simakhina G., Naumenko N.* Nutrition as the main factor to protect the state of health and the life provision of human organism
- Заморська І.Л.* 214 *Zamorska I.* Changing of the colour of canned strawberry during the process of storage
- Матяс Д.С., Камбулова Ю.В., Дорохович А.М., Мандзюк І.В.* 221 *Matias D., Kambulova J., Dorokhovich A., Mandzyuk I.* Optimization of the recipe composition of jelly marmalade with reduced content of sugar
- Дулька О.С., Прибильський В.Л., Куц А.М., Коваленко О.О.* 233 *Dulka O., Prybyl'skiy V., Kutz A., Kovalenko O.* The use of natural minerals and activated carbon in technology of water treatment during bread kvass manufacturing
- Хімічні науки**
- Фоменко В.В., Кроніковський О.І.* 242 *Fomenko V., Kronikovskiy O.* Mekhanochemical method for activation of vanadium oxide (V)
- Chemical sciences**

## **REALIZATION OF KNOWLEDGE-ORIENTED INFORMATIONAL SYSTEM OF FOOD SAFETY**

**Y. Chaplinsky**

*V.M. Glushkov Institute of Cybernetics of NAS of Ukraine*

---

**Key words:**

*Food safety  
Intelligence system  
Food safety knowledge  
Information system  
Context*

---

**Article history:**

Received 02.07.2018  
Received in revised form  
25.07.2018  
Accepted 09.08.2018

---

**Corresponding author:**

Y. Chaplinsky  
**E-mail:**  
npnuht@ukr.net

---

**ABSTRACT**

---

Trade globalization, liberalization of markets, modern food technologies, food safety requirements, economic development, changing social demands cause a continuous evolution of food systems all over the world. Dissemination of information and knowledge is the key task of any organization connected with generating and sharing knowledge, especially new kinds of unique (and valuable) content that are as usable and accessible. In this context, sharing of food safety knowledge and information is considered in the direction of a better quality of life for everyone in terms of economic, environmental and social issues. The basis for this is the modern information and communication technologies used to implement effective access to knowledge and information.

The purpose of given food safety information system is to share information to the user through the establishment of an electronic data system, including its structure of information and knowledge about food safety. The developed information system is a multi-user, interactive, user-friendly Web-based information system. The information and knowledge include various aspects such as a) knowledge and information about the production and processing industry; b) the food safety aspects including standards, laws, danger etc. The main interested people in the food safety system were identified as: food producers and processors, consumers, regulatory bodies, and educational organizations. Their information needs were divided in: commercial, educational, technical and general. Developed system give possibility to manage such information objects: news, market, companies, regulatory bodies, educational opportunities, grants, standards, laws, alerts, tips, FAQs etc.

## ОДНА РЕАЛІЗАЦІЯ ЗНАННЄ-ОРІЄНТОВАНОЇ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ З БЕЗПЕКИ ПРОДУКТІВ ХАРЧУВАННЯ

Ю.П. Чаплінський

*Інститут кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України*

*Глобалізація торгівлі, лібералізація ринків, сучасні харчові технології, вимоги до безпеки продуктів харчування, економічний розвиток, зміна соціальних вимог викликають безперервну зміну в харчовій галузі в усьому світі. Поширення інформації та знань є ключовим завданням будь-якої організації, яка пов'язана з виробленням і поширенням знань, особливо нових видів унікальних (та цінних) за змістом, які є корисними та доступними. В цьому контексті поширення інформації та знань з безпеки харчових продуктів розглядається в напрямку покращення якості життя для сучасних і майбутніх поколінь, з точки зору економічних, екологічних та соціальних питань. Основою для цього є сучасні інформаційні та комунікаційні технології, які використовуються для реалізації ефективного доступу до відповідної інформації та знань.*

*Метою такої інформаційної системи з безпеки харчових продуктів є розробка механізму поширення інформації та знань до кінцевих користувачів шляхом створення електронної системи, включаючи структуру інформації та знань, методів доступу та доставки, для питань, які пов'язані з безпекою харчових продуктів, для всіх зацікавлених учасників. Інформація та знання включають в себе різні аспекти: а) знання та інформацію з виробництва та переробки; б) аспекти безпеки харчових продуктів, включаючи стандарти, закони, небезпеки, навчальні матеріали і т. д. Основними зацікавленими учасниками в системі безпеки харчових продуктів були визначені: виробники та переробники харчових продуктів, споживачі, регуляторні органи та освітні організації. Інформаційні потреби цих зацікавлених сторін поділені на бізнесові, освітні, технологічні та загальні. Розроблена система надає можливість управляти різними інформаційними об'єктами, такими як новини, ринки, компанії, регуляторні органи, освітні можливості, гранти, стандарти, закони, попередження, поради, небезпеки, актуальні питання тощо.*

**Ключові слова:** *безпека продуктів харчування, інтелектуальна система, поширення знань, інформаційна система, контекст.*

**Постановка проблеми.** Глобалізація торгівлі, лібералізація ринків, сучасні технології харчової промисловості, вимоги безпеки продуктів харчування в ланцюзі поставок продуктів харчування від ферми до столу, вимоги до харчової логістики, продажів продуктів харчування, зберігання продуктів харчування, вимоги щодо зниження ризиків використання продуктів харчування та виникнення хвороб харчового походження, необхідність підтримання довіри до безпеки харчових продуктів і продовольчої постачання, необхідність збільшення експортних можливостей харчової галузі є сучасними



завданнями розвитку харчової галузі. Наявні підходи до реформування традиційної системи управління безпечністю харчовими продуктами не можуть вважатись достатньо ефективними, оскільки вони не визначають і адекватно не вирішують багатьох існуючих проблем, не можуть забезпечити ефективне реагування на швидкий розвиток та зміни, що привносять ймовірні ризики, не завжди враховують під час прийняття рішень найновіші наукові дані та наслідки для суспільства, не охоплюють та не розповсюджуються на весь харчовий ланцюг.

Слід також зазначити, що знання в складних предметних галузях, якою є безпека продуктів харчування, дуже швидко змінюються або застарівають, з'являються нові задачі та нові методи розв'язання. Тож для розв'язання різних прикладних задач необхідно мати розвинені засоби для управління, доставки та використання знань. Сучасні інформаційні технології можуть бути базою для реалізації ефективних систем безпеки продуктів харчування. Однією з цілей таких інформаційних технологій є об'єднання накопичених знань із знаннями зацікавлених осіб і використання їх для розв'язання відповідних задач з безпеки продуктів харчування. При цьому в рамках такої інформаційної системи повинна забезпечуватись можливість отримувати релевантну, зрозумілу, реальну та доступну контекстну інформацію для розв'язання конкретних задач, орієнтованих на конкретні цілі, та є специфічними для користувачів або груп користувачів або для розуміння певного процесу при прийнятті рішень.

З огляду на вищевикладене створення інформаційної системи з безпеки продуктів харчування є актуальним завданням.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Сьогодні існують приклади використання інформаційних технологій при розв'язанні різних задач безпеки продуктів харчування, таких як управління мікробіологічними ризиками [1], ідентифікація критичних контрольних точок [2], використання сучасних технологій для ланцюга від ферми до столу [3; 4]. Але ці розробки не дають користувачам і групам користувачів отримувати інтегровану інформацію та знання щодо безпеки продуктів харчування.

**Мета дослідження:** розробка інформаційної системи, яка реалізує механізм поширення інформації та знань до кінцевих користувачів для питань, що пов'язані з безпекою продуктів харчування.

**Викладення основних результатів дослідження.** Проблема безпеки продуктів харчування — складна комплексна проблема, що вимагає численних зусиль для її розв'язання. При цьому розв'язання цієї проблеми все більшою мірою залежить від використання ними інформації та знань як одних з найцінніших ресурсів. Сьогодні це неможливо реалізувати без використання інформаційних технологій як основи для ефективного поширення й використання накопичених інформації та знань, досвіду фахівців і сучасних технологій управління в різних прикладних областях. Використання знанне-орієнтованих технологій для створення, координації, передачі та інтеграції знань сьогодні розглядається як потужна конкурентна перевага на підприємстві, орієнтованому на постійні зміни ділових процесів. Так, щоб зробити корисними підприємству всю інформацію, що є у нього, досвід і кваліфікацію співробітників, підвищити якість рішень, що приймаються, і

скоротити час реакції на змінні ринкові умови, потрібно створити інформаційне середовище для інтеграції даних і знань, що використовуються в різних ділових процесах.

Розроблена інформаційна система направлена на інтеграцію, накопичення та підтримку контенту щодо безпеки продуктів харчування, а також організацію доступу до нього різних учасників інформаційного процесу, що дає змогу: об'єднати різні джерела інформації в рамках єдиної системи; забезпечити постійний розвиток системи за рахунок поновлення знання та даних і безперервного накопичення нового досвіду; надавати релевантну інформацію конкретних запитів кожному з учасників інформаційного процесу відповідно до його знаннями, уподобаннями та потребами; забезпечувати розподілений доступ до контенту учасникам процесу.

Одним із головних завдань розробленої інформаційної системи є підтримка процесів поширення і використання інформації та знань щодо безпеки продуктів харчування. Під поширенням знань розуміється передача знань у потрібне місце, в потрібний час, з потрібною якістю. Мета таких процесів [5; 6] — об'єднати накопичені знання зі знаннями зацікавлених осіб і використовувати їх для розв'язання відповідних задач. Ці процеси з поширення знани та обміну інформацією займають центральне місце при навчанні, що, у свою чергу, має вирішальне значення для розвитку підприємства. Канали поширення й обміну інформацією є основою для забезпечення суспільного визнання рівня безпечності харчових продуктів і для гарантування надійності виробників та переробників продуктів харчування. Це передбачає обмін інформацією між організаціями, між замовниками та постачальниками, між організаціями та споживачами продуктів харчування, взаємодію із законодавчими й регуляторними органами та іншими організаціями.

Для реалізації інформаційної системи будемо використовувати модель реалізації поширення знань, що базується на розумінні того, що знання створюються за допомоги окремої людини або групи людей, і це знання залежить від існуючих знань, переконань та досвіду користувача. Це вимагає розгляду процесів, структур, ресурсів, навколишнього середовища, а також взаємодії між учасниками інформаційного процесу поширення та використання інформації та знань і відповідними засобами. Така модель базується на чотирьох вимірах (аспектах) використання знань (джерело, зміст, середовище та користувач (рис. 1).

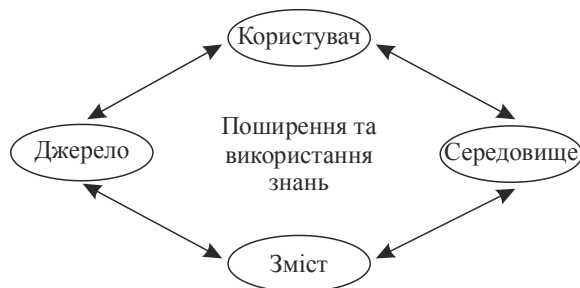
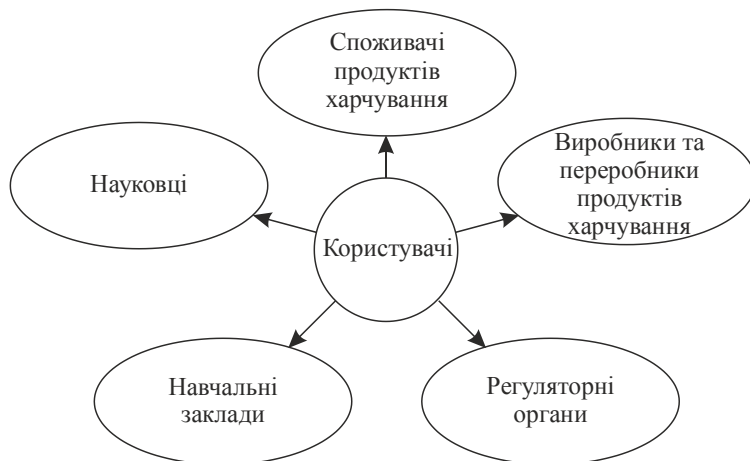


Рис. 1. Виміри процесу поширення знань

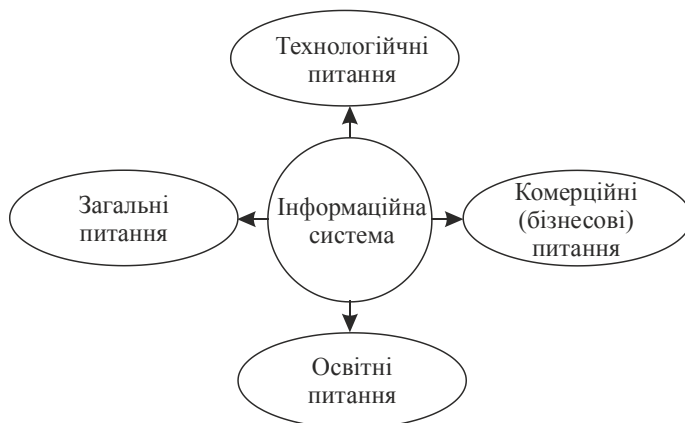
Варто зазначити, що поширення інформації та знань є набагато складнішим процесом, ніж просте надання доступу до відповідної інформації та знань. Цей процес вимагає врахування особливостей проблемної області, знань і контексту їх створення, потреб, контекстів, досвіду, переконань тощо цільової аудиторії та змісту, засобів, формату, мови тощо, які використовуються при поширенні та використанні цих цільових аудиторій.

Проведений аналіз разом з фахівцями Міжнародного інституту безпеки та якості продуктів харчування показав, що основними зацікавленими учасниками в системі безпеки продуктів харчування, що представлені на рис. 2, є: виробники та переробники продуктів харчування, споживачі продуктів харчування, регуляторні органи (законодавчі, регіональні тощо), науковці та навчальні заклади. Вони і є основними користувачами інформаційної системи.



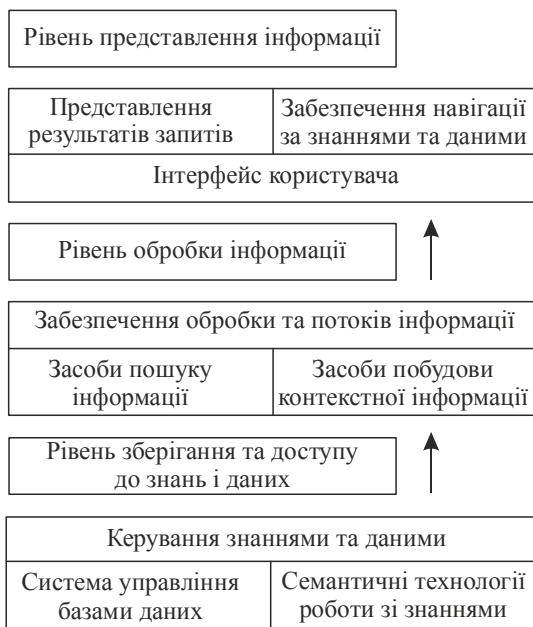
**Рис. 2. Зацікавлені учасники інформаційної системи**

При цьому інформаційні потреби цих зацікавлених сторін у рамках інформаційної системи поділяються на: комерційні (бізнесові), технологічні, освітні та загальні.



**Рис. 3. Питання розгляду в інформаційній системі**

Так, наприклад, виробники та переробники продуктів харчування розглядаються в комерційному контексті через особливості ринків продуктів харчування, компанії, включаючи компанії, що працюють у сфері безпеки продуктів харчування, інформаційні ресурси щодо безпеки продуктів харчування, стандарти, програми та гранти, що стосуються безпеки продуктів харчування. Виробники та переробники продуктів харчування розглядаються в технологічному контексті через програми технічної допомоги, інформацію щодо виробничих процесів, які пов'язані з безпекою продуктів харчування, компанії провайдерів такої інформації. Споживачі продуктів харчування розглядаються в освітньому контексті через існуючі медіа програми та публікації, що стосуються безпеки продуктів харчування, курси та інші освітні можливості, поради щодо процесів з приготування їжі, існуючі небезпеки біологічної природи, хімічної природи та фізичної природи. Регуляторні органи розглядаються в загальному аспекті через новини (поточні спалахи хвороб, відкликання продуктів харчування, новин законодавства тощо), законодавство та існуючі стандарти як у країні, так за кордоном. Науковці та навчальні заклади розглядаються в освітньому аспекті через навчальні заходи для дітей, освітні можливості та компанії провайдерів навчальних заходів щодо безпеки продуктів харчування, організації з галузі безпеки продуктів харчування, з якими можна встановити партнерські відносини.



**Рис. 4. Узагальнена архітектура інформаційної системи**

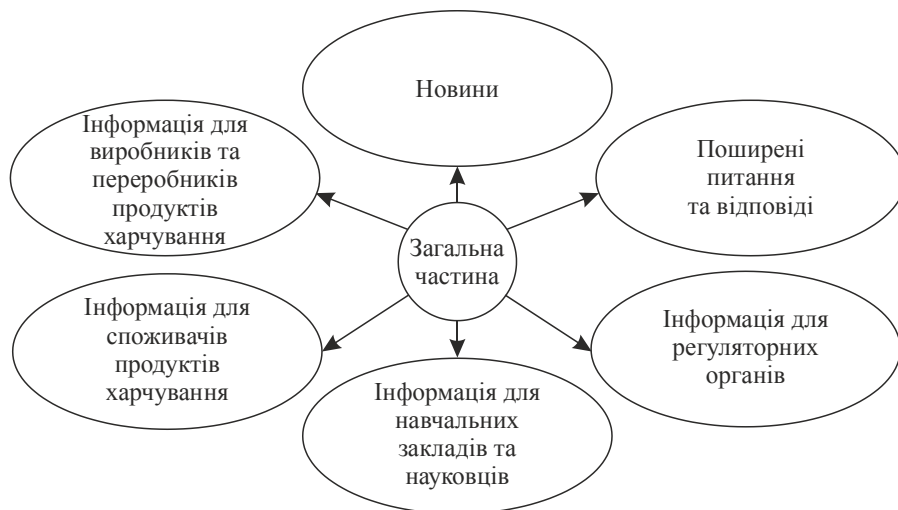
Розроблена інформаційна система базується на інтегрованій моделі подання знань, що надає можливість розв'язання задачі — ефективного доступу до знань та інформаційних ресурсів через мережу Інтернет. Це дає змогу представляти в ній різномірні знання та дані. На основі такої інформаційної

моделі організуються зручна навігація по знаннях та інформаційних ресурсах, що інтегровані в інформаційну систему, і змістовний пошук потрібної інформації щодо певних інформаційних об'єктів. Для організації ефективного доступу до ресурсів у контенті інформаційної системи представлена інформація за різними рівнями їх розгляду і деталізації та аспекти їх використання: в компаніях, споживачами, регуляторними органами, навчальними та науковими закладами, з якими пов'язаний їх розгляд, а також про різні їх змістовні характеристики. Ця інформація пов'язує ці ресурси з іншими даними та знаннями, які представлені в інформаційній системі, що дає змогу користувачу працювати з групами ресурсів, які стосуються його діяльності.

Інформаційна система базується на традиційній для інформаційних систем трирівневій архітектурі, що наведена рис. 4, та включає рівень представлення інформації, рівень обробки інформації і рівень зберігання та доступу до інформації (базовий рівень).

Розроблена інформаційна система складається із загальної частини (рис. 3) та адміністративної частини.

Загальна частина інформаційної системи забезпечує розміщення актуальної інформації, представлення інформації в зрозумілому для користувача вигляді, побудову ієрархії даних, при якій поряд з можливістю представлення узагальненої інформації існує можливість деталізації за рівнями та іншим параметрами.



**Рис. 5. Загальна частина інформаційної системи**

Адміністративна частина надає можливість підтримки в актуальному вигляді контенту інформаційної системи.

Відповідно до прийнятої моделі вся інформація інформаційної системи представлена у вигляді множини інформаційних об'єктів та зв'язків між ними. Інформаційний об'єкт — це структурована сукупність даних, що представляє опис певного об'єкта обраної галузі знань або релевантного їй інформаційного ресурсу. Кожен інформаційний об'єкт відповідає контекстній

області «об'єкт» та поняттю предметної області (є екземпляром цього поняття) та має задану структуру. Між конкретними інформаційними об'єктами можуть існувати зв'язки, семантика яких визначається відношеннями, що задані інформаційними об'єктами в рамках внутрішньобласної та міжобласної взаємодії.

Інформаційними об'єктами інформаційної системи є новини, сповіщення, компанії, освітні заходи та можливості щодо безпеки продуктів харчування, програми та гранти, безпеки, закон, ринок, медіа-програми та публікації, регуляторні органи, поширені питання та відповіді, ресурси, стандарт, поради та користувачі.

Розглянемо опис деяких інформаційних об'єктів. Наприклад, інформаційний об'єкт «Новини» розглядається в розрізі новин компанії, що адмініструє цю інформаційну систему, новин про поточні спалахи хвороб, новин про відкликання продуктів харчування, новин законодавства та інших новин. Залежно від типу новин цей інформаційний об'єкт має відповідний опис, наприклад, новини про повернення продуктів харчування представляються таким чином: короткий опис новини; опис; забруднювач; місце; дата новин; опис новин; назва новини; джерело новини; заходи; продукти харчування, що пов'язані з новиною; люди, що пов'язані з новиною; причина; контактна людина; контактний емейл; контактний мобільний телефон; контактний телефон тощо.

Інформаційний об'єкт «Небезпеки» (рис. 6) описується так: небезпеки біологічної природи (назва небезпеки; коротка назва небезпеки; бактерія; фото бактерії; опис небезпеки; опис найбільш загальних симптомів; опис продуктів, що пов'язані з бактерією; опис інших профілактичних заходів; хвороби, що пов'язані з бактерією тощо); небезпеки хімічної природи (назва небезпеки; опис небезпеки; опис найбільш загальних симптомів; опис профілактичних заходів; хвороби, що пов'язані з небезпекою); небезпеки фізичної природи (назва небезпеки; коротка назва небезпеки; опис небезпеки; джерела небезпеки тощо).



**Рис. 6. Інформаційний об'єкт «Небезпеки»**

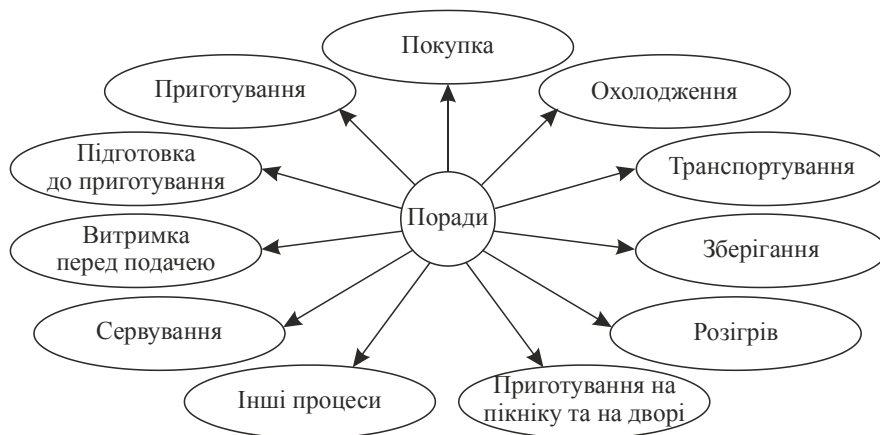
Інформаційний об'єкт «Закон» описується таким чином: назва закону; коротка назва закону; тип закону; переваги закону; опис; регуляторний орган, що прийняв закон; вебсайт; що закон покриває; якої продукції стосується; кого стосується; закони, з якими пов'язаний даний закон; що закон покриває; рік прийняття; версія та рік внесення змін; посилання на закон в Інтернеті тощо.

Інформаційний об'єкт «Ринок» дає можливість представити особливості відповідного ринку продуктів харчування, що розглядається як національний ринок, ринок СНД, ринок ЄС, ринок США тощо.

Інформаційний об'єкт «Стандарти» описується таким чином: назва; коротка назва; тип; для якої аудиторії використовується; опис; компанія роз-

робник стандарту; ринок застосування; Вебсайт та посилання на стандарт в Інтернеті; файл для загрузки тексту стандарту; переваги стандарту; що стандарт покриває (діяльність, продукція); з якими стандартами пов'язаний; хто проводить сертифікацію; сертифікаційна компанія; хто проводить інспекцію; інспектує компанія; рік прийняття; версія та рік внесення змін тощо. Рівень розгляду стандартів: міжнародні, національні, регіональні, місцеві тощо.

Інформаційний об'єкт «Поради» описується так: назва, тип виробничого процесу, опис, ключові слова, джерело. Виробничі процеси, що стосуються порад, представлені на рис. 7.



**Рис. 7. Виробничі процеси, що стосуються інформаційного об'єкта «Поради»**

Інформаційний об'єкт «Освітні заходи та можливості» описує освітні програми та освітні заходи, що пов'язані з безпекою продуктів харчування. Інформаційна система надає розлогу інформацію про освітній захід та компанію, що проводить його, дає змогу користувачу записатися на відповідний захід, що в подальшому забезпечить роздрук відповідного сертифіката, отриманого користувачем.

Інформаційний об'єкт «Ресурси» описує наявні Інтернет-ресурси щодо безпеки продуктів харчування. До таких ресурсів відносяться сайти організацій, компаній, портали і каталоги, а також окремі сторінки з матеріалами графічного, мультимедійного або текстового типу.

Реалізація інформаційної системи базується на використанні поняття контексту. Методологія управління контекстом орієнтована на формування моделі задачі користувача, що об'єднує в собі контекстно-залежну інформацію та знання, з подальшою інтерпретацією даного завдання як динамічної задачі задоволення обмежень, тобто представлення у вигляді певної Web-сторінки. Визначення релевантної для певного користувача інформації, її інтеграція через контекст, отримання її від джерел інформації, привласнення значень, визначення правил візуалізації є функціями технологій керування контекстом.

Контекст в інформаційній системі представляється контекстами трьох типів: абстрактним, конкретним і реалізації. За відправну точку роботи інформаційної

системи взято вибір користувачем множини інформаційних об'єктів через меню. Після цього на підставі знайдених відповідностей формуються зрізи представлення даних, що містять релевантні атрибути вибору користувача, наприклад визначається шаблон візуалізації та відповідні необхідні інформаційні об'єкти та їх властивості. Такі зрізи інтегруються в загальний зріз. Таким чином буде сформовано абстрактний контекст вибору користувача. На підставі зв'язків з джерелами інформації, заздалегідь встановлених для властивостей інформаційних об'єктів, абстрактний контекст являє собою абстрактний опис представлення інформаційного об'єкта, побудованого на основі інтеграції знань проблемної області, релевантних для конкретного завдання. Конкретний контекст є екземпляром абстрактного контексту з певною поточною інформацією, що визначається вибором користувача та знаходиться в базі даних. Контекст реалізації є екземпляром конкретного контексту з визначиними середовищем візуалізації та відповідною компетентністю або роллю користувача.

Взаємодію з користувачем реалізує інтерфейс користувача, що представляється як сукупність програмних та апаратних засобів. Інтерфейс користувача базується на декоративній та активній складових. До декоративної складової належать елементи, що відповідають за естетичну привабливість Web-сторінки. Активні елементи включають засоби управління, за допомогою яких користувач керує вмістом Web-сторінки. Такий інтерфейс реалізує об'єктно-орієнтований інтерфейс, що використовує модель взаємодії з користувачем, яка орієнтована на маніпулювання об'єктами предметної області. У рамках цієї моделі користувачеві надається можливість прямо взаємодіяти з кожним об'єктом та ініціювати виконання операцій, у процесі яких взаємодіють кілька об'єктів. Задача користувача формулюється як цілеспрямована зміна деякого об'єкта, що має внутрішню структуру, певний зміст та зовнішнє символічне або графічне подання. Взаємодії базуються на регламентованому обміні інформацією між користувачем та інформаційною системою, що здійснюється в реальному масштабі часу та спрямовані на спільне розв'язання конкретної задачі. Взаємодія складається з окремих процесів введення-виведення, які фізично забезпечують зв'язок користувача та інформаційною системою.

Графічні інтерфейси підтримують концепцію інтерактивної взаємодії із програмним забезпеченням, здійснюючи візуальний зворотній зв'язок з користувачем та можливість прямого маніпулювання об'єктами та інформацією на екрані. Крім того, інтерфейси даного типу підтримують концепцію зв'язаності програм, дають змогу переміщати між ними інформацію.

Змістовний доступ до систематизованих знань та інформаційних ресурсів з безпеки продуктів харчування, що представлені в інформаційній системі, організовується на основі розглянутої вище інформаційної моделі та здійснюється шляхом навігації по контенту інформаційної системи, а також через відповідні засоби змістовного пошуку в певних розділах інформаційної системи. Навігація є процесом переходу від одних інформаційних об'єктів до інших за заданими між ними зв'язками, як правило, асоціативними. Використовуючи представлені зв'язки як елементи навігації, можна перейти до перегляду докладної інформації як за прямими зв'язками (про інформаційний об'єкт, про характеристики цього об'єкта), так і за зворотними.



При цьому можливі переходи між окремими інформаційними об'єктами, перехід від поточного об'єкта до списку пов'язаних з ним об'єктів або вибір конкретного інформаційного об'єкта зі списку. При переході за конкретним зв'язком будь-якого інформаційного об'єкта ми можемо отримати досить великий список об'єктів (наприклад, стандартів). У зв'язку з цим був введений механізм фільтрації списків, який дає змогу, наприклад, відфільтрувати множину стандартів. Фільтрація — це спосіб вибірки підмножини об'єктів зі списку шляхом накладення на нього обмежень, тобто завдання фільтру. Фільтр є набором умов, які визначають допустимі значення атрибутів об'єкта і вимоги до існування зв'язків з певними інформаційними об'єктами.

При пошуці інформації користувачу надається можливість формулювання запиту в термінах предметної області. При цьому він повинен вибрати поняття, до якого відносяться певні інформаційні об'єкти, та визначити обмеження, яким повинні задовольняти атрибути обраного інформаційного об'єкта та його зв'язки з іншими інформаційними об'єктами. Пошукові запити задаються через спеціальний графічний інтерфейс.

При візуалізації контекстної інформації та виконання пошукових запитів враховується семантика інформаційних об'єктів, яка може бути реалізована через: опис об'єктів інформаційної системи; семантичний пошук; Формування списку об'єктів, що пов'язані з вихідним об'єктом; формування списку об'єктів, схожих на вихідний об'єкт.

При взаємодії з користувачем та для організації персоніфікованого представлення інформації використовується технологія профілювання. Завдання користувача інтерпретується як завдання задоволення обмежень, для його вирішення використовується технологія задоволення обмежень. Для налаштування інформаційної системи на конкретного користувача або групу користувачів до його складу включена інформаційна модель користувача. Зокрема, модель користувача містить роль, що визначає рівень доступу до даних, спосіб візуалізації сторінок, набір доступних функцій інформаційної системи.

Інформаційна система реалізується ASP.NET MVC Framework, що базується MVC патерн. Використання ASP.Net MVC надає змогу реалізувати взаємодію користувача з MVC додатком в рамках природного циклу: користувач здійснює дію, у відповідь на це додаток змінює свою модель даних і надає користувачеві оновлений вигляд. А потім цикл повторюється. А також ASP.Net MVC надає можливість об'єднувати декілька технологій. При цьому можна замінювати компоненти, такі як систему маршрутизації, засіб для перегляду тощо.

Для візуалізації інформації та отримання дій користувача використовується Javascript-бібліотека jQuery. jQuery — бібліотека функцій JavaScript, спеціалізованих на взаємодії JavaScript та HTML. jQuery допомагає легко отримувати доступ до будь-яких елементів Web-сторінок, звертатися до атрибутів та вмісту елементів об'єктної моделі Web-сторінки і маніпулювати ними. Крім того, бібліотека jQuery надає зручні засоби для побудови користувацьких інтерфейсів з використанням технології Ajax.

Для роботи з відповідними інформаційним об'єктами використовується СУБД MS Sql Server та технологія роботи з даними Entity Framework.

Для обміну даними між компонентами використовується формат *JSON*. *JSON* — це простий спосіб передачі структурованих даних, що базується на тексті. За допомогою *JSON* можлива передача як чисел та рядків, так і масивів, об'єктів, використовуючи при цьому текст. Цей формат дає змогу створювати та передавати складні структури даних.

Отже, розроблена Web-орієнтована інформаційна система є доступною через Інтернет інформаційною системою, що будується як система на принципах інженерії знань та забезпечує систематизацію та інтеграцію знань і інформаційних ресурсів з безпеки продуктів харчування, змістовний ефективний доступ до них і засобів їх інтелектуальної обробки. Крім того, система забезпечує пошук та навігацію по інформації та знаннях, підтримує широкий спектр засобів (середовищ) для професійного спілкування та обміну знаннями между фахівцями, експертами, командами, групами. Інформаційна система надає можливість зацікавленим сторонам значно скоротити час, необхідний для забезпечення доступу до необхідної інформації та її аналізу, за рахунок акумуляції описів області знань і релевантних їй інформаційних ресурсів безпосередньо в контенті інформаційної системи. Завдяки реалізації інформаційної системи досягається функціональна інтеграція процесів консультування та прийняття рішень; міждисциплінарну інтеграцію знань та інформації з безпеки продуктів харчування; доступ до інформації, функцій та додатків, виходячи з компетенції та ролі користувача; надійна та масштабуема архітектура; інтеграція ресурсів.

### Висновок

Представлена інформаційна система реалізована в рамках науково-дослідної роботи «Розробка методів реалізації онтологокерованої підтримки прийняття рішень для безпеки продуктів харчування». Результати створення інформаційної системи можуть бути покладені в основу створення системи розповсюдження прикладних знань, що реалізують процеси підтримки інформування, консультування, прийняття рішень та навчання.

### Література

1. *McMeekin T.A.* Information systems in food safety management / T.A. McMeekin, J. Baranyi, J. Bowman et al. // *International Journal of Food Microbiology* — 2006. — # 112. — P. 181—194.
2. *Лисицын А.Б.* Компьютерная методика формирования системы критических контрольных точек на примере технологического процесса производства вареных колбас./ А.Б. Лисицын, Ю.Г. Костенко, А.М Чернуха, И.И Протопопов // *Хранение и переработка сельхозсырья*. — 2007. — № 2 — С. 62—65.
3. *Xiaorong Zhao* The Design of the Internet of Things Solution for Food Supply Chain / Zhao Xiaorong, Fan Honghui, Zhu Hongjin et al. // *5th International Conference on Education, Management, Information and Medicine (EMIM 2015)*. — 2015. — P. 314—318.
4. *Doinea Mihai* Internet of Things Based Systems for Food Safety Management / Mihai Doinea, Cătălin Boja, Lorena Batagan et al. // *Informatica Economică*, vol. 19, no. 1, 2015 — P. 87—97.
5. *Nonaka I.* The knowledge-creating company / I. Nonaka, H. Takeuchi — New York : Oxford University Press, 1995. — 284 p.
6. *Johannessen J.* Knowledge management and sustainable competitive advantages: The impact of dynamic contextual training. / J. Johannessen, B. Olsen // *International Journal of Information Management*, 23(4), 2003. — P. 277—289.

## **THE PROBLEM OF THE OPTIMAL MINIMAX LIMIT CONTROL OF OBJECTS WITH DISTRIBUTED PARAMETERS**

**O. Lobok, N. Savizkaia, B. Goncharenko**

*National University of Food Technologies*

**M. Sych**

*National University of Bioresources and Natural Resources of Ukraine*

---

**Key words:**

*Minimax control  
Regulators  
Distributed parameter  
systems  
Optimization  
Gradient projection  
method  
Point and mobile limit  
control*

---

**Article history:**

Received 13.07.2018  
Received in revised form  
31.07.2018  
Accepted 20.08.2018

---

**Corresponding author:**

B. Goncharenko

**E-mail:**

GoncharenkoBN@i.ua

**ABSTRACT**

---

The problem of minimax control synthesis for objects that are described by a two-dimensional heat conduction equation of parabolic type is solved in the paper. It is assumed that the control object functions under uncertainty conditions, and the perturbations acting on the object belong to some given hyperellipsoid. The problem of constructing a regulator in the state of an object for cases of point and mobile limit control is considered in accordance with the integral-quadratic quality criterion. With the help of numerical optimization methods, the problem of determining the optimal location of concentrated regulators at the boundary of a rectangular region and the problem of finding the optimal law of motion of a mobile limit regulator is solved. The problem is posed and solved in the minimax formulation when there is an optimal control on the state of the object functioning under uncertainty conditions so that the regulator minimizes the maximum control error from a set of possible values, taking into account the most unfavorable perturbations that can act on the object or system. In this case, the perturbations of the object belong to a given limited region. The results of computational experiments illustrating the effectiveness of the constructed limiting concentrated and moving regulators are presented. The obtained results indicate that the controls found in the work are indeed optimal and ensure minimum errors (deviations from the given state) of the functioning of the system and energy costs for the implementation of control under given conditions and in the absence of any information on external action other than the region of permissible perturbations.

In the work, for the first time, a minimax approach was used to control the objects described by the two-dimensional parabolic type thermal conductivity equation; the theoretical positions of synthesis of minimax regulators for cases of lumped boundary (point) and moving regulators are considered; algorithmic software is developed that allows to simulate the dynamics of the constructed minimax-regulators and to investigate the corresponding transients.

## ЗАДАЧА ОПТИМАЛЬНОГО МІНІМАКСНОГО ГРАНИЧНОГО КЕРУВАННЯ ОБ'ЄКТАМИ З РОЗПОДІЛЕНИМИ ПАРАМЕТРАМИ

О.П. Лобок, Н.М. Савицька, Б.М. Гончаренко

Національний університет харчових технологій

М.А. Сич

Національний університет біоресурсів і природокористування України

У статті розв'язується задача синтезу мінімаксного керування для об'єктів, які описуються двовимірним рівнянням теплопровідності параболічного типу. Передбачається, що об'єкт керування функціонує в умовах невизначеності, причому збурення, що діють на об'єкт, належать до заданого гіпереліпсоїду. Розглядається задача побудови регулятора за станом об'єкта для випадків точкового та рухомого граничного керування згідно з інтегрально-квадратичним критерієм якості. За допомогою числових оптимізаційних методів розв'язана задача визначення оптимального розташування зосереджених регуляторів на границі прямокутної області та задача пошуку оптимального закону переміщення рухомого граничного регулятора. Задача ставиться та розв'язується в мінімаксній постановці, тобто знаходиться оптимальний регулятор за станом об'єкта, який функціонує в умовах невизначеності так, що він передбачає мінімізацію максимальної похибки (відхилення поточного стану системи від заданого або бажаного) з множини можливих значень з урахуванням найбільш несприятливих збурень, що можуть діяти на об'єкт або систему. Причому збурення об'єкта належать до заданої обмеженої області. Наводяться результати обчислювальних експериментів, які ілюструють ефективність побудованих зосереджених граничних (точкових) і рухомих регуляторів. Отримані результати свідчать про те, що знайдені керування дійсно є оптимальними і забезпечують мінімум похибки (відхилення від заданого стану) функціонування системи та енергетичних затрат на здійснення керування при заданих умовах і відсутності будь-якої інформації про зовнішній вплив, крім області допустимих збурень.

Уперше застосовано мінімаксний підхід для керування об'єктами, які описуються двовимірним рівнянням теплопровідності параболічного типу; розглянуто теоретичні положення синтезу мінімаксних регуляторів для випадків зосереджених граничних (точкових) і рухомих регуляторів; розроблено алгоритмічно-програмне забезпечення, яке дає змогу моделювати динаміку побудованих мінімаксних регуляторів і досліджувати відповідні перехідні процеси.

**Ключові слова:** мінімаксне керування, регулятори, системи з розподіленими параметрами, оптимізація, метод проекції градієнта, точкове та рухоме граничне керування.

**Постановка проблеми.** У зв'язку з широким розповсюдженням нових прогресивних технологій, пов'язаних з використанням електронних, іонних,

лазерних та інших випромінювань, останніми роками почалось інтенсивне вивчення можливостей оптимального керування розподіленими системами джерел шляхом зміни розташування точкових джерел випромінювань і законів пересування рухомих.

Постановка задач точкового і рухомого керування, деякі методи їх розв'язання наведені в [1—3]. Однією з дуже важливих і складних задач є вибір оптимальної стратегії точкового і рухомого керування для систем, що функціонують в умовах невизначеності. Саме цій проблемі і присвячена ця пропонована стаття, в якій розв'язуються задачі вибору оптимального розташування точкових регуляторів і пошуку оптимального закону руху (переміщення) рухомого джерела на границі прямокутної області для процесу теплоперенесення, перебіг якого відбувається в умовах неповної інформації. Теорія керування рухається в напрямку ускладнення досліджуваних явищ, процесів і зменшення інформації про систему керування, об'єкт, його особливості, властивості, характеристики, умови функціонування, зовнішні впливи. Враховуючи все вищезазначене, обраний напрям досліджень є перспективним і має високий рівень актуальності.

**Мета статті:** практичне застосування теорії синтезу мінімаксних регуляторів для задач керування вибором оптимального розташування точкових регуляторів і пошуку оптимального закону руху в умовах невизначеності зовнішніх збурень, що діють на них, крім області їхньої допустимості, а також дослідження ефективності запропонованих регуляторів за допомогою обчислювальних експериментів.

**Викладення основних результатів дослідження.** У багатьох технологічних об'єктах автоматизації наявні дифузійні процеси або теплоперенесення. Так, процес теплоперенесення в однорідній тонкій прямокутній пластині описується функцією  $\varphi(x, t)$ , яка в області  $Q_T = \Omega \cdot (0, T)$ , де  $\Omega = \{(x_1, x_2) : 0 < x_1 < l_1, 0 < x_2 < l_2\}$ ,  $l_1, l_2 > 0$ ,  $T < \infty$ , задовольняє рівняння:

$$\frac{\partial \varphi(x, t)}{\partial t} = a \Delta_x \varphi(x, t) + f_1(x, t), \quad (x, t) \in Q_T, \quad (1)$$

а на границі  $Q_T$  — ще й додаткові умови:

$$\varphi(x, 0) = f_0(x), \quad x \in \Omega; \quad \varphi(x, t) = \sum_{i=1}^N \delta(x - v_i(t)) u_i(t), \quad (x, t) \in \Gamma \cdot (0, T). \quad (2)$$

Тут  $\Delta_x = \frac{\partial^2}{\partial x_1^2} + \frac{\partial^2}{\partial x_2^2}$  — двовимірний оператор Лапласа;  $a > 0$  — коефіцієнт температуропровідності;  $\Gamma$  — границя прямокутної області  $\Omega$ ;  $\delta(x - y)$  — дельта-функція Дірака;  $t \rightarrow v_i(t) \in \Gamma$  — вимірні функції, що задають рух граничних джерел;  $u_i(t) \in L_2(0, T)$  — функції керування;  $f_0(x) \in L_2(\Omega)$ ,  $f_1(x, t) \in L_2(Q_T)$  — невідомі функції, що належать до області:

$$S_t = \{(f_0, f_1) : G(f_0; f_1(\tau), 0 < \tau < t) \leq 1\}, \quad t \in (0, T], \quad (3)$$

де

$$G(f_0; f_1(\tau), 0 < \tau < t) = F_0 \int_{\Omega} f_0^2(x) dx + F_1 \int_0^t \int_{\Omega} f_1^2(x, \tau) dx d\tau,$$

$F_0, F_1$  — додатні постійні величини, що відображають внесок перешкод;  $f_0$  і  $f_1(t)$  в результатуюче збурення, що діє на систему (1), (2).

Під розв'язком крайової задачі (1), (2) будемо розуміти таку функцію  $\varphi(x, t) \in L_2(Q_T)$ , яка задовольняє таку інтегральну тотожність:

$$-\int_0^T \int_{\Omega} \varphi(x, t) \left( \frac{\partial \eta(x, t)}{\partial t} + a \Delta_x \eta(x, t) \right) dx dt = \int_{\Omega} f_0(x) \eta(x, 0) dx + \int_0^T \int_{\Omega} f_1(x, t) \eta(x, t) dx dt -$$

$$-a \sum_{i=1}^N \int_0^T u_i(t) \frac{\partial \eta(x, t)}{\partial n} \Big|_{x=v_i(t)} dt \quad \forall \eta(x, t) \in \Phi, \quad (4)$$

де  $\frac{\partial}{\partial n}$  — похідна по зовнішній нормалі  $\bar{n}$  до границі  $\Gamma$  області  $\Omega$ ,  $\Phi = \left\{ \eta(x, t) : \eta(x, t) \in H^{3,1}(Q_T), \eta(x, T) = 0, x \in \Omega; \eta(x, t) = 0, (x, t) \in \Gamma \cdot (0, T) \right\}$ ,  $H^{3,1}(Q_T)$  — соболевський простір [4].

Можна показати [5], що розв'язок рівняння (4) при заданих керуваннях  $u_i(t) \in L_2(0, T)$  існує і є єдиним в просторі  $L_2(Q_T)$ .

Задача вибору оптимальної стратегії мінімаксного керування [6; 8] буде полягати в тому, щоб знайти вектор-функції  $v^*(t) = [v_1^*(t), v_2^*(t), \dots, v_N^*(t)]^T$  і  $u^*(t) = [u_1^*(t), u_2^*(t), \dots, u_N^*(t)]^T$  з умови

$$I(u^*, v^*) = \inf_v \inf_u I(u, v), \quad (5)$$

де

$$I(u, v) = \sup_{S_T} \left[ \int_{\Omega} S(x) \varphi(x, T) dx \right]^2 + \int_0^T \sum_{i=1}^N d_i \sup_{S_i} u_i^2(t) dt, \quad (6)$$

$S(x) \in L_2(\Omega)$ ,  $d_i = const > 0$ ,  $i = 1, 2, \dots, N$ , при заданій структурі керування  $u_i(t)$  у вигляді лінійного зворотного зв'язку виду:

$$u_i(t) = \int_{\Omega} R_i(x, t) \varphi(x, t) dx. \quad (7)$$

Розв'язування сформульованої задачі будемо здійснювати в два етапи: спочатку розв'яжемо задачу визначення оптимального керування  $u^*(t)$  з умови

$$I(u^*, v) = \inf_u I(u, v) \quad (8)$$

при фіксованій вектор-функції  $v(t)$ , а потім знайдемо  $v^*(t)$ , при якому

$$I(u^*, v^*) = \inf_v I(u^*, v). \quad (9)$$

Використовуючи результати, наведені у [7; 8], можна довести справедливність такого твердження: оптимальне керування  $u^*(t)$  оптимізаційної задачі (1), (2), (6), (7), що задовольняє необхідні умови оптимальності має вигляд:

$$u_i^*(t) = \int_{\Omega} R_i^*(x, t) \varphi(x, t) dx, \quad R_i^*(x, t) = a d_i^{-1} \alpha^{-1}(t) g(x, t) h(v_i(t), t), \quad (10)$$

де

$$\alpha(t) = 1 + a^2 \sum_{k=1}^N d_k^{-1} \int_t^T h^2(v_k(\tau), \tau) d\tau, \\ \begin{bmatrix} g(x, t) \\ h(x, t) \end{bmatrix} = \sum_{i=1}^{\infty} s_i e^{\lambda_i(t-T)} \begin{bmatrix} \omega_i(x) \\ r_i(x) \end{bmatrix}, \quad s_i = \int_{\Omega} S(x) \omega_i(x) dx. \quad (11)$$

У співвідношенні (11)  $i = (i_1, i_2)$  — мультиіндекс,

$$r_i(x) = r_{i_1, i_2}(x_1, x_2) = \frac{2\pi}{\sqrt{l_1 l_2}} \begin{cases} (-1)^{i_1} \frac{i_1}{l_1} \sin \frac{\pi i_2 x_2}{l_2}, & x_1 = l_1, \\ -\frac{i_1}{l_1} \sin \frac{\pi i_2 x_2}{l_2}, & x_1 = 0, \\ (-1)^{i_2} \frac{i_2}{l_2} \sin \frac{\pi i_1 x_1}{l_1}, & x_2 = l_2, \\ -\frac{i_2}{l_2} \sin \frac{\pi i_1 x_1}{l_1}, & x_2 = 0, \end{cases} \\ x = (x_1, x_2) \in \Gamma,$$

де  $\lambda_i$ ,  $\omega_i(x)$  — власні значення і відповідні ортонормовані в просторі  $L_2(\Omega)$  власні функції крайової задачі (1), (2), що мають вигляд:

$$\lambda_i = \lambda_{i_1, i_2} = a\pi^2 \left[ (i_1/l_1)^2 + (i_2/l_2)^2 \right],$$

$$\omega_i(x) = \omega_{i_1, i_2}(x_1, x_2) = \frac{2}{\sqrt{l_1 l_2}} \sin \frac{\pi i_1 x_1}{l_1} \sin \frac{\pi i_2 x_2}{l_2}.$$

Значення функціоналу (6) на оптимальному керуванні (10) при цьому визначається за формулою:

$$I(u^*, v) = \frac{W(0)}{F_0 \alpha(0)} + \frac{1}{F_1} \int_0^T \frac{W(t)}{\alpha(t)} dt, \quad (12)$$

де

$$W(t) = \sum_{i=1}^{\infty} s_i e^{2\lambda_i(t-T)}. \quad (13)$$

Перейдемо тепер до розв'язування оптимізаційної задачі (9), (12).

Розглянемо спочатку більш простий випадок, коли  $v_i(t) \equiv z_i \in \Gamma$ ,  $i = 1, 2, \dots, N$ , тобто розв'яжемо задачу оптимального розташування точкових граничних керувань (10). Введемо позначення  $z = [z_1, z_2, \dots, z_N]^T$ ,  $J(z) = I(u^*, z) \equiv I(u^*, v)$ . Тоді розглядувана задача буде полягати в тому, щоб знайти вектор  $z = [z_1^*, z_2^*, \dots, z_N^*]^T$ , при якому

$$J(z^*) = \inf_{z \in \Omega_z} J(z), \quad (14)$$

де  $\Omega_z = \{z: z = [z_1, z_2, \dots, z_N]^T, z_i = (z_{1i}, z_{2i}) \in \Gamma, i = 1, 2, \dots, N; z_i \neq z_j, i \neq j\}$ .

Враховуючи, що функція  $J(z)$  є неперервно диференційованою функцією своїх аргументів, для розв'язання оптимізаційної задачі (14) скористаємось методом проекції градієнта [9]:

$$z^{k+1} = \text{Pr}_{\Omega_z} [z^k - \rho_k \nabla_z J(z^k)], k = 0, 1, 2, \dots, \quad (15)$$

де  $\text{Pr}_{\Omega_z} [z] = [y_1, y_2, \dots, y_N]^T$ ,  $y_i = \text{Pr}_{\Gamma} [z_i]$  — проекція точки  $z_i$  на границю  $\Gamma$  прямокутної області  $\Omega$ ;  $z^k = [z_1^k, z_2^k, \dots, z_N^k]^T$  — наближений розв'язок, отриманий на  $k$ -й ітерації;  $z^0$  — початкове наближення;  $\rho_k$  — крок спуску, який обирається з умови монотонного спадання функції мети  $J(z)$  [9]; градієнт  $\nabla_z J(z)$  визначається за формулою:

$$\begin{aligned} \nabla_z J(z) &= [\nabla_{z_1} J(z), \nabla_{z_2} J(z), \dots, \nabla_{z_N} J(z)]^T, \\ z &= [z_1, z_2, \dots, z_N]^T, z_i = (z_{1i}, z_{2i}) \in \Gamma, i = 1, 2, \dots, N, \\ \nabla_{z_n} J(z) &= -2a^2 \left[ \frac{W(0)\theta_n(0)}{F_0 \alpha^2(0)} + \frac{1}{F_1} \int_0^T \frac{W(t)\theta_n(t)}{\alpha^2(t)} dt \right], \\ \theta_n(t) &= d_n^{-1} \sum_{i=1}^{\infty} \sum_{j=1}^{\infty} \frac{1 - e^{(\lambda_i + \lambda_j)(t-T)}}{\lambda_i + \lambda_j} s_i s_j r_i(z_n) P_j(z_n), \end{aligned}$$

де  $P_j(z_n) = [P_j^1(z_n), P_j^2(z_n)]$ ,

$$P_j^k(z_n) = P_{j_1, j_2}^k(z_{1n}, z_{2n}) = \frac{2\pi^2 j_1 j_2}{(l_1 l_2)^{3/2}} \cos \frac{\pi j_k z_{kn}}{l_k} \begin{cases} 0, & z_{kn} = 0, z_{kn} = l_k, \\ -1, & z_{3-k, n} = 0, & k = 1, 2. \\ (-1)^{j_{3-k}}, & z_{3-k, n} = l_{3-k}, \end{cases}$$



Умова зупинки приймалася у вигляді  $|J(z^{k+1}) - J(z^k)| < \varepsilon$ , де  $\varepsilon > 0$  — задана точність розв'язку.

Програма може бути реалізована на сучасній алгоритмічній мові при таких початкових даних:  $l_1 = 2,0$ ,  $l_2 = 1,0$ ,  $T = 2,0$ ,  $F_0 = 0,25$ ,  $F_1 = 2,0$ ,  $d_i = 1,0$ ,  $i = 1, 2, \dots, N$ ,  $S(x) = 1,0$ ,  $\varepsilon = 0,001$ ,  $\rho_0 = 0,8$ , число регуляторів  $N = 5$ , за значення коефіцієнта теплопровідності  $a$  було взято 0,4, що відповідає коефіцієнту теплопровідності мідної пластини. Розмірність всіх величин задана в системі [метр, час, град. °C, ккал.]. Нескінченні ряди (11), (13) обривались кінцевими сумами, що складались із трьох перших членів. При числовому моделюванні оптимальних керувань  $u_i^*(t)$  припускалось, що збурення  $f_0(x)$  і  $f_1(x, t)$  дорівнюють:

$$f_0(x_1, x_2) = 2 \sin \frac{\pi x_1}{l_1} \sin \frac{\pi x_2}{l_2}, f_1(x_1, x_2, t) = t \sin \frac{\pi x_1}{l_1} \cos \frac{\pi x_2}{l_2}.$$

Відзначимо, що ці збурення є допустимими, оскільки

$$G(f_0, f_1(\tau), 0 < \tau < t) = F_0 l_1 l_2 + \frac{1}{12} F_1 l_1 l_2 t^3 = 0,5 + \frac{1}{3} t^3 < 1, \forall t \in (0, 0,2)$$

і, як наслідок,  $f_0(x)$  та  $f_1(x, t)$  належать до області (3).

У табл. 1. дано початкове розташування  $z^0 = [z_1^0, z_2^0, \dots, z_N^0]^T$  точкових граничних регуляторів. Значення функції  $J(z)$  при такому розташуванні керувань дорівнює  $J(z^0) = 0,975632$ . Оптимальне розташування регуляторів  $z^* = [z_1^*, z_2^*, \dots, z_N^*]^T$ , отримане за алгоритмом (15), подано в табл. 2, причому  $J(z^*) = 0,571874$ .

Таблиця 1

| $k$ | $z_{1k}^0$ | $z_{2k}^0$ |
|-----|------------|------------|
| 1   | 2,0        | 0,0        |
| 2   | 1,0        | 0,0        |
| 3   | 0,0        | 0,0        |
| 4   | 0,0        | 0,5        |
| 5   | 0,0        | 1,0        |

Таблиця 2

| $k$ | $z_{1k}^*$ | $z_{2k}^*$ |
|-----|------------|------------|
| 1   | 1,349      | 0,0        |
| 2   | 1,0        | 0,0        |
| 3   | 0,651      | 0,0        |
| 4   | 0,0        | 0,5        |
| 5   | 0,651      | 1,0        |

На рис. 1 зображені графіки оптимальних точкових керувань (10), що оптимально розташовані на границі  $\Gamma$  області  $\Omega$  в точках  $z_i^* \in \Gamma$ ,  $i = 1, 2, \dots, N$ .

Повернемося тепер до оптимізаційної задачі (9), (12). Розглянемо для простоти одне ( $N=1$ ) рухоме джерело і нехай збурення  $f_1(x, t)$  в правій частині рівняння (1) будуть відсутні. Позначимо  $u(t) = u_1(t)$ ,  $v(t) = v_1(t)$ ,  $d = d_1$ ,  $J(v) = I(u^*, v)$ . Тоді задача мінімізації функціонала

$$J(v) = W(0)(F_0\alpha(0))^{-1} \quad (16)$$

еквівалентна наступній оптимізаційній задачі:

$$L(v) = \int_0^T h(v(\tau), \tau) d\tau \rightarrow \sup_{\substack{t \rightarrow v(t) \in \Gamma \\ t \in (0, T)}}$$

де  $\alpha(t)$ ,  $h(x, t)$ ,  $W(t)$  — функції, що визначаються за формулами (11), (13).

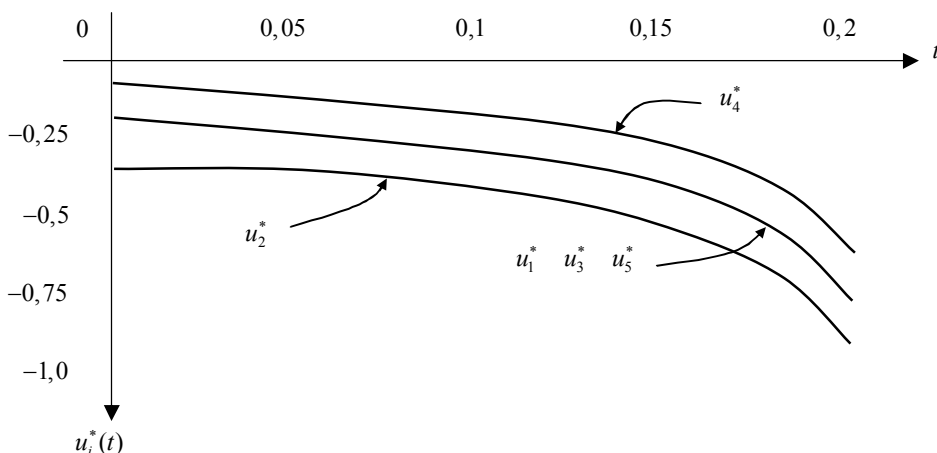


Рис. 1. Графіки оптимальних граничних точкових керувань

Для розв'язання останньої задачі також використовувався метод проекції градієнта виду:

$$v^{k+1}(t) = \text{Pr}_\Gamma [v^k(t) + \rho_k \delta[L(v^k); t]], \quad t \in (0, T), \quad k = 0, 1, 2, \dots, \quad (17)$$

де  $v^0(t)$  — початкове наближення;  $v^k(t)$  — наближений розв'язок, отриманий на  $k$ -му кроці;  $\rho_k$  — крок спуску до точки мінімуму;  $\delta[L(v); t]$  — градієнт Фреше функціонала  $L(v)$ , який обчислюється за формулою:

$$\delta[L(v); t] = 2h(v(t), t)\rho(v(t), t), \quad \rho(x, t) = \sum_{i=1}^{\infty} s_i e^{\lambda_i(t-T)} P_i(x).$$

Алгоритм зупиняється, коли виконується умова  $|L(v^{k+1}) - L(v^k)| < \varepsilon$ , де  $\varepsilon > 0$  — задана точність розв'язку.

Числова реалізація алгоритму (17) проводилась при попередніх початкових даних. Нижче наведені результати обчислювальних розрахунків. В табл. 3 дано початковий закон руху  $v^0(t) = (v_1^0(t), v_2^0(t))$  рухомого граничного джерела. Оптимальний закон руху  $v^*(t) = (v_1^*(t), v_2^*(t))$  рухомого регулятора (10), отриманий за алгоритмом (17), подано в табл. 4.

Таблиця 3

| $t$  | $v_1^0(t)$ | $v_2^0(t)$ |
|------|------------|------------|
| 0,0  | 0,0        | 0,0        |
| 0,02 | 0,667      | 0,0        |
| 0,04 | 1,333      | 0,0        |
| 0,06 | 2,0        | 0,0        |
| 0,08 | 2,0        | 0,5        |
| 0,10 | 2,0        | 1,0        |
| 0,12 | 1,333      | 1,0        |
| 0,14 | 0,667      | 1,0        |
| 0,16 | 0,0        | 1,0        |
| 0,18 | 0,0        | 0,5        |

Таблиця 4

| $t$  | $v_1^*(t)$ | $v_2^*(t)$ |
|------|------------|------------|
| 0,0  | 0,010      | 0,0        |
| 0,02 | 0,765      | 0,0        |
| 0,04 | 1,230      | 0,0        |
| 0,06 | 1,990      | 0,0        |
| 0,08 | 2,0        | 0,5        |
| 0,10 | 1,990      | 1,0        |
| 0,12 | 1,285      | 1,0        |
| 0,14 | 0,664      | 1,0        |
| 0,16 | 0,010      | 1,0        |
| 0,18 | 0,0        | 0,5        |

Значення функціонала (16) при цьому зменшилось з  $J(z^0) = 0,639538$  до  $J(z^*) = 0,438419$ . На рис. 2 зображено оптимальне керування (10), рух якого здійснюється по оптимальній траєкторії, наведеній в табл. 4. Оптимальна траєкторія складається з чотирьох частин, кожна з яких нагадує параболу і визначає (описує) рух регулятора вздовж відповідної границі прямокутної області.

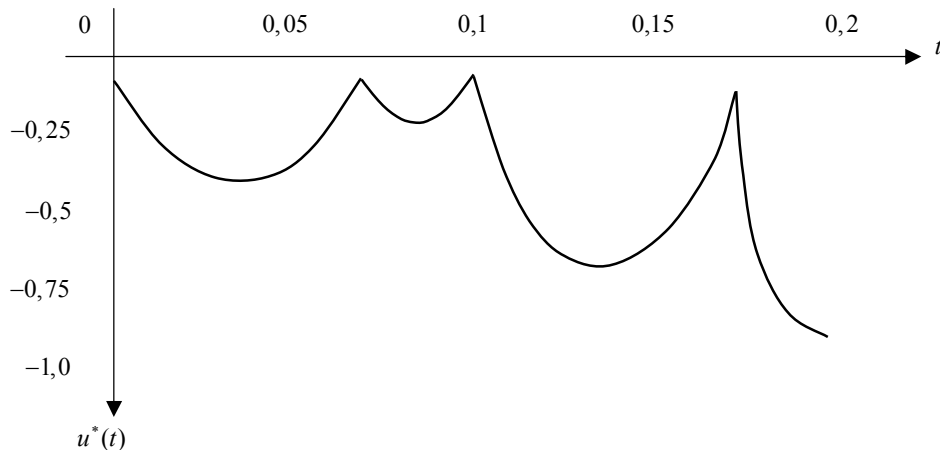


Рис. 2. Графік оптимального граничного рухомого керування

Обчислювальні експерименти також показали, що ефективність точкових і рухомих граничних керувань зростає із зменшенням коефіцієнта температуропровідності  $a$ , тобто із зменшенням цього коефіцієнта значення функціонала (8) після визначення оптимальної стратегії керування зменшувалось на більшу величину порівняно із значенням цього ж функціонала при заданій початковій стратегії керування.

**Висновки**

Результатом дослідження є розв’язок задачі оптимального розташування точкових граничних регуляторів та задачі визначення оптимальної траєкторії

переміщення рухомого регулятора по границі області, в якій функціонує розподілений об'єкт керування. Задача розв'язана в мінімакській постановці, тобто знайдено оптимальний регулятор за станом об'єкта, який функціонує в умовах невизначеності, причому збурення об'єкта належать заданій обмеженій області. Наведено результати обчислювальних експериментів, які ілюструють ефективність побудованих зосереджених граничних точкових та рухомих регуляторів. Отримані результати свідчать про те, що знайдені керування дійсно є оптимальними і забезпечують мінімум похибки (відхилення від заданого стану) функціонування системи та енергетичних затрат на здійснення керування при заданих умовах і відсутності будь-якої інформації про зовнішній вплив, крім області допустимих збурень. Задовільні показники якості керування спостерігаються навіть за умов виходу збурень за межі заданої області.

### Література

1. Бутковский А.Г. Методы управления системами с распределенными параметрами / А.Г. Бутковский. — Москва :Наука, 1975. — 568 с.
2. Бутковский А.Г. Подвижное управление системами с распределенными параметрами / А.Г. Бутковский, Ю.В. Даринский, Л.М. Пустыльников. — Автоматика и телемеханика, 1976. — № 2. — С. 15—25.
3. Бутковский А.Г. Теория подвижного управления сисстемами с распределенными параметрами / А.Г. Бутковский, Л.М. Пустыльников. — Москва :Наука, 1980. — 397 с.
4. Лионс Ж.-Л. Оптимальное управление системами, описываемыми уравнениями с частными производными / Ж.-Л. Лионс. — Москва :Мир, 1972. — 414 с.
5. Ладыженская О.А. Линейные и квазилинейные уравнения параболического типа / О.А. Ладыженская, Н.Н. Уралцева, В.А. Солонников. — Москва :Наука, 1967. — 736 с.
6. Лобок О.П. Мінімаксне управління в лінійних динамічних системах із розподіленими параметрами / О.П. Лобок, Б.М. Гончаренко, Н.М. Савіцька // Журнал «Наукові праці Національного університету харчових технологій». — Том 21, № 6. — Київ : НУХТ. — 2015. — С.16—26.
7. Кириченко Н.Ф. Минимаксное управление и оценивание в динамических системах / Н.Ф. Кириченко. — Автоматика и телемеханика, 1982. — № 1. — С. 32—39.
8. Лобок А.П. Минимаксные регуляторы в системах с распределенными параметрами. Вестн. Киев. Универ. Моделирование и оптимизация сложных систем. —1983. — вып. 2. — С. 62—67.
9. Васильев Ф.П. Методы решения экстремальных задач / Ф.П. Васильев. — Москва : Наука, 1981. — 400 с.

**PLANNING AND SCHEDULING  
AS THE BASIS OF EFFECTIVE ACTIVITY  
OF MODERN DAIRY ENTERPRISES**

**R. Mirkevich, A. Pupena**

*National University of Food Technologies*

---

**Key words:**

*MES  
APS  
Advanced Planning &  
Scheduling  
ERP*

---

**Article history:**

Received 06.07.2018  
Received in revised form  
27.07.2018  
Accepted 23.08.2018

---

**Corresponding author:**

R. Mirkevich

**E-mail:**

roman.mirkevich@gmail.  
com

---

**ABSTRACT**

The paper deals with modern approaches to production planning scheduling system, and their use in dairy production. The place of planning and scheduling functions in the integrated enterprise management system (ERP, MES/MOM) is shown, and the typical hierarchical structure of the planning and scheduling system in its composition is shown. The features of the production planning and scheduling concepts in MRPII, APS and MES-planning and their fundamental difference are presented. A review of recent foreign publications and general approaches to production planning and scheduling, their functioning features at dairy enterprises, and general problems are highlighted. The main approaches, models and methods used for production planning and scheduling at dairy enterprises are highlighted. The most essential problems of production planning and scheduling features and analysis of dairy products with variable recipes and flexible lines are made. It is shown that the integration of planning tasks with the data of enterprise resources in accordance with ISA-95 standards, the interaction of the planning subsystem with the management system of recipes in accordance with ISA-88 standards, these standards, along with a number of others, are the basis of the reference model of components of Industry 4.0 (RAMI 4.0) and have proven themselves at many enterprises in the world. Possible ways of production development for planning and scheduling subsystems during their use with cloud services are shown. An ability to collect data (IoT, IIoT) from any objects in large number and use it both in the analysis and in the study (for example, the neural network) — exactly by itself is very promising.

The article is reviewable and can be useful for computer integrated management systems specialists as well as for production enterprises management, system integrators and vendors.

## ОПЕРАТИВНО-КАЛЕНДАРНЕ ПЛАНУВАННЯ ЯК ОСНОВА ЕФЕКТИВНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ СУЧАСНИХ МОЛОЧНИХ ПІДПРИЄМСТВ

Р.М. Міркевич, О.М. Пупена

Національний університет харчових технологій

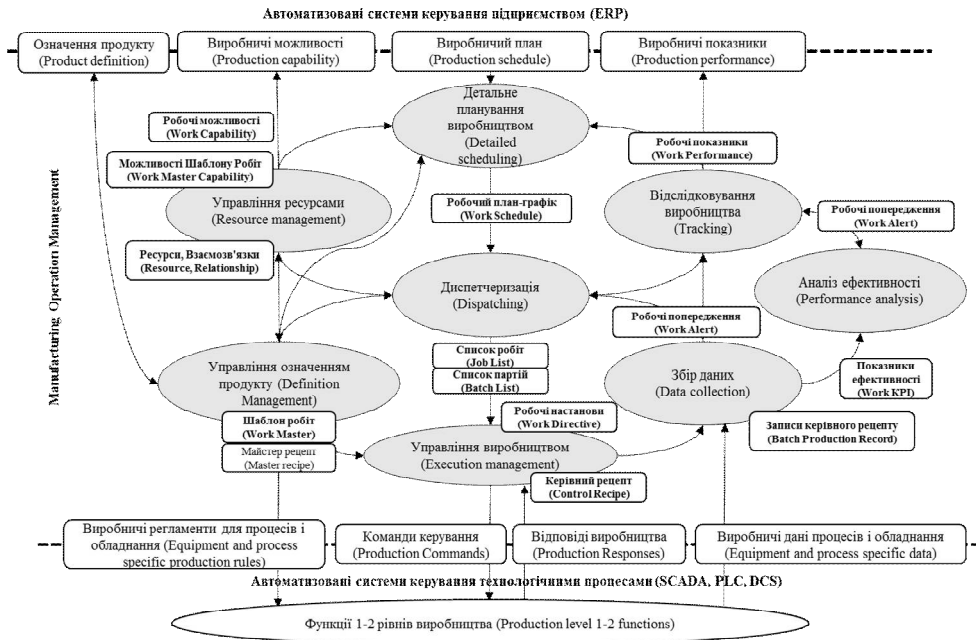
У статті розглянуто сучасні підходи до оперативного-календарного планування виробництвом та їх використання у молочному виробництві. Показано місце функцій планування в інтегрованій автоматизованій системі керування підприємством (ERP, MES/MOM) і наведено типову ієрархічну структуру підсистеми оперативного-календарного планування в її складі. Визначено особливості використовуваних концепцій планування і створення графіків виробництв у MRP II, APS і MES-плануванні та їх принципова відмінність. Зроблено огляд останніх статей зарубіжних видань і виділено загальні підходи до планування та створення графіків виробництв, особливостей їхнього функціонування на молочних підприємствах, загальні проблеми. Виділені основні підходи, моделі та методи вирішення, що використовуються при плануванні на молочних підприємствах. Визначено особливості та зроблено аналіз найбільш актуальних проблем планування і створення графіків виробництва цільномолочних продуктів зі змінною рецептурою та гнучкими лініями. Показана необхідність інтеграції задач планування з даними ресурсів підприємства відповідно до стандартів ISA-95, взаємодії підсистеми планування з системою керування рецептами відповідно до ISA-88. Ці стандарти разом з рядом інших лежать в основі референтної моделі компонентів Індустрії 4.0 (RAMI 4.0) та вже давно зарекомендували себе на багатьох підприємствах у світі. Показано можливі шляхи розвитку підсистем планування та створення графіків виробництв при їх використанні з хмарними сервісами, можливість збирати дані (IoT, IIoT) з будь-яких об'єктів у великій кількості та використовувати їх як в аналітиці, так і в навчанні (наприклад, нейромереж).

Стаття має оглядовий характер і може бути корисною спеціалістам з комп'ютерно-інтегрованих систем керування, а також керівництву виробничих підприємств, системних інтеграторів і постачальників.

**Ключові слова:** MES, APS, Advanced Planning & Scheduling, ERP.

**Постановка проблеми.** На сьогодні більшість вітчизняних молочних підприємств є автоматизованими за так званим «клаптиковим» принципом. По-перше, на рівні автоматизованих систем керування технологічними процесами (АСКТП) окремі відділення та лінії автоматизувалися різними розробниками. По-друге, робота автоматизованих систем на рівнях автоматизованих систем керування підприємством (АСКП) та АСКТП, як правило, координується через спілкування персоналу. Тобто з точки зору автоматизації всі підсистеми підприємства функціонують автоматизовано, але автономно, що

не дає максимально можливих ефектів, які може дати комплексна автоматизація, в якій все підприємство, включаючи підрозділи (ділянки, цеху, служби), на всіх рівнях керування функціонує як єдина система. «Клаптикова» автоматизація охоплює всі основні виробничі і керівні функції на підприємстві, однак вони не узгоджені між собою. Технічно сучасні молочні підприємства вже готові до інтеграції існуючих підсистем, однак є ряд причин, які створюють бар'єри на цьому шляху. Серед них — неочевидність для керівного персоналу цілей інтеграції, неготовність деяких посадових осіб до прозорості, недостатня обґрунтованість з боку інтеграторів тощо.



**Рис. 1. Функції MOM за стандартом ISA-95**

Ефективність функціонування інтегрованої системи на протизагу «клаптиковій» автоматизації показана в багатьох працях, зокрема в [1—4]. Усі функції керування виробництвом покладені на рівень MES, який сьогодні прийнято також називати MOM. Хоч межі між визначеннями MES та MOM досить умовні, вважається, що у перелік функцій MOM входять не тільки керування операціями з виготовлення продукції, а й керування активами. Як відомо, правила інтеграції на рівні функцій і формат представлення інформаційних потоків між ними закріплені в стандартах ISA-95 [5—7] та їхніх відповідниках ІЕС 6224. Найбільш повно, на нашу думку, взаємодія цих функцій для кожного типу операцій з іншими функціями на різних рівнях керування показана на рис. 1, наведеному в частині 3 стандарту ISA-95 та ІЕС 6224 [6]. Як видно з рис. 1, центровими функціями MOM (3-й рівень) є планування, виконання замовлень і контроль за виконанням. Для означення того, який саме продукт необхідно виробляти, у функціональній структурі передбачені

відповідні функції. Показники якості контролюються через розрахунок ключових показників ефективності (КПІ) та їх порівняння із заданими. Усі ці функції MOM безпосередньо чи опосередковано взаємодіють з функціями рівня керування підприємством (ERP, 4-й рівень) та керування технологічними процесами (АСКТП, 1,2-й рівні).

Наведений вище перелік функцій та операцій MOM необхідний не для всіх видів підприємств, навіть якщо вони мають виробничі майданчики. Однак для підприємств з виробництвом молочної продукції з наведеної вище функціональної структури важко щось «прибрати». Сьогоднішні передові підприємства мають у своєму складі декілька майданчиків для виробництва молочної продукції з різною номенклатурою. При цьому необхідний перелік продукції та об'єми партій формується або корегується за день до дати запланованого виробництва. Гнучкість ліній дає значні переваги при налаштуванні до конкретного продукту, але значно ускладнює процеси планування. Якщо додати сюди необхідність у періодичній зміні номенклатури (рецептури), задачу ефективного планування взагалі неможливо реалізувати. Це реалії сьогодення, в якому світ невпинно рухається в бік Індустрії 4.0, де автоматизоване виробництво під замовлення без участі людини є необхідною (але недостатньою) умовою.

На більшості вітчизняних підприємств на рівні довгострокового та середньострокового планування в ERP-системах використовуються, як правило, середньостатистичні дані про виробничі потужності та евристичні підходи або ручне формування. Звичайно, що про адаптацію планування під виробничі ресурси та зміну номенклатури можна говорити тільки в минулому часі (коли зміни вже відбулися), а на автоматизацію в ланцюжку поставок та збуту, яка вимагає обізнаності в ресурсах, можна навіть не сподіватися. Щодо оперативного планування, то воно, як правило, проводиться змінним майстром на основі минулого досвіду і практично неавтоматизоване.

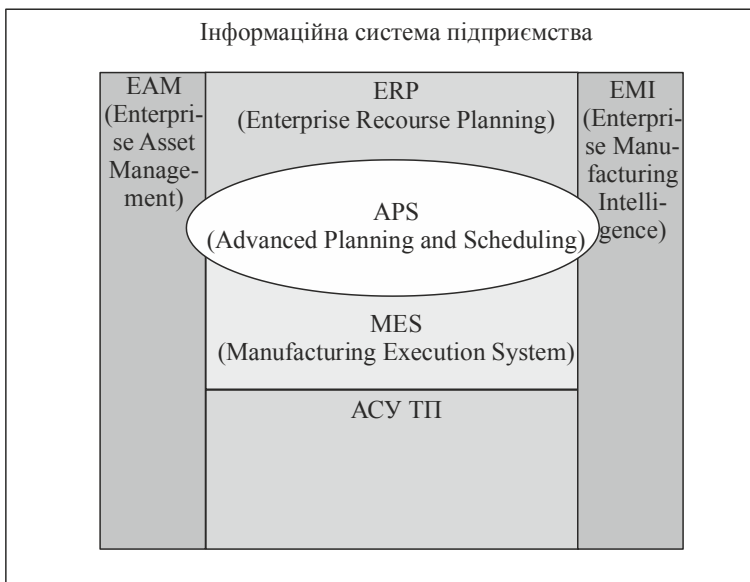
Вирішувати проблему ефективності планування очевидно потрібно в двох площинах — теоретичній і практичній.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** *Структура планування.* Найбільш систематизовано і доступно, на нашу думку, сучасні підходи, методи та засоби планування висвітлено в монографії Мауєргауса [8]. На сучасних підприємствах планування проводиться на декількох рівнях керування. На рівні АСКП планування, як правило, передбачає вироблення об'ємно-календарних планів на довгострокові та середньострокові горизонти. Ці плани призначені для формування асортименту та кількості виготовлення продукції, закупівлі сировини, керування ланцюжком поставок та іншої фінансової діяльності. На рівні MES/MOM планування передбачає складання розкладу, в якому з використанням конкретних ресурсів (сировини, обладнання, персоналу) створюється конкретна партія продукту. MES-планування оперує годинами, хвилинами (інколи секундами), тоді як на рівні ERP оперують добами, декадами, місяцями.

На рівні ERP прийнято використовувати методи MRPII, які спрямовані тільки на об'ємні плани (без означення ресурсів і астрономічного часу), що не враховують плинний стан ресурсів і незавершеного виробництва [8; 9]. Ефективне ж планування виробництва можливе тільки з урахуванням ресурсів



та обмежень на всіх рівнях керування. Тому наявність єдиної інформаційної системи підприємства є передумовою ієрархічної підсистеми планування. Між задачами та методами ERP та MES планування є значні відмінності, що ускладнює процес інтеграції цих функцій в єдину узгоджену підсистему. Тому останнім часом популярності набули системи та концепції APS (Advanced Planning and Scheduling). Концепція APS — це прогресивне управління виробничими ресурсами (обладнанням, персоналом тощо) шляхом створення планів виробництва продукції і графіків використання ресурсів (завантаження обладнання, використання матеріалів тощо), а також є розвитком фундаментальних основ, на яких побудовані системи класу ERP. Однією з особливостей концепції є можливість швидко і легко вирішувати такі задачі, як розподіл завдань з урахуванням пріоритетів і обмежень, що дає змогу скоригувати виробничий план таким чином, що нові термінові виробничі замовлення будуть додані у вже створений план виробництва. Ця особливість передбачає, що в процесі планування і перепланування у системах, що реалізують концепцію APS, при побудові можливих варіантів плану й розподілу ресурсів для його виконання, широко використовуються сучасні методи оптимізації (від точних математичних до швидких у вирішенні евристичних). Уся діяльність передбачає узгодження з керуванням ланцюжком постачань і збуту. Слід зазначити, що концепції, покладені в основу APS-систем, у цей час часто можуть використовуватися не лише як окремі системи, а й при створенні спеціалізованих модулів в ERP або MES системах. Тому межі підсистем розмиваються, оскільки концепція APS може лягти в основу функцій планування в системах ERP або MES. На рис. 2 показана структура єдиної інтегрованої інформаційної системи підприємства і підсистеми, які входять до її складу. Як видно із структури, APS-система частково перекриває сферу діяльності ERP-систем і MES-систем.



**Рис. 2. Структура інформаційної системи підприємства**

*Загальні методи та підходи при плануванні.* Планування на всіх рівнях керування може проводитися людиною або автоматизовано з використанням точних методів, евристичних методів або їх комбінацією. За останні 30 років теоретичні методи планування набули значного розвитку. Це, очевидно, пов'язано з інтересом до теми з боку промисловості, що, у свою чергу, пов'язано з ринковими викликами та розвитком ІТ технологій, які відкривають нові можливості реалізації. Найбільш фундаментальною за останні п'ятнадцять років, на наш погляд, працею, присвяченою задачам планування на виробничих підприємствах, є оглядова стаття [10]. Стаття має характер монографії і включає систематизований огляд усіх досягнень попередників, класифікацію задач і методів, що використовуються при плануванні, огляд проблем і перспектив. Цю статтю варто розглядати як навчальний матеріал для молодих науковців, що так чи інакше мають відношення до планування.

Більшість задач на всіх рівнях планування зводяться до змішаного цілочисельного лінійного програмування (MILP, Mixed Integer Linear Programming). Достатньо великий огляд моделей MILP, алгоритмів і застосувань, можливі варіанти покращення моделей і варіантів вирішення, та задачі, які необхідно вирішувати в майбутньому, автори показали у [11; 12]. Зокрема вони виділили такі напрямки: використання MILP на різних рівнях планування як цілісної задачі, вирішення проблеми великої розмірності пов'язаної зі збільшенням номенклатури виробів та обладнання, необхідності перепланування у зв'язку зі зміною виробничої ситуації та замовлень.

*Планування в молочному виробництві.* Як відмічено вище, планування в молочному виробництві має свої особливості. Систематизовані огляди в цій тематиці нам не зустрічалися, однак спостерігається інтерес до неї. Питання планування були згадані у дисертаційних роботах, виконаних в Національному університеті харчових технологій [1; 14], однак це не було темою дослідження. У відкритих джерелах світових видань зустрічаються праці на теми планування як за різними об'єктами дослідження, так і за рівнем планування. Також відрізняються критерії, за якими проводилася пошук оптимального плану. Так, наприклад, у [15] шведські дослідники як основні критерії оптимізації виробництва йогуртів використовували мінімум відходів від переробки молока та миючих продуктів, що значно впливає на екологію довкілля. Для планування послідовностей виробництва різних видів йогуртів були використані евристичні критерії в комбінації з класичними методами оптимізації змішаного цілочисельного програмування. У [16] автори представили математичну модель цеху виробництва молока різної жирності, що включають декілька ліній з пастеризаційними установками та фасувальними машинами.

У дослідженні, що описане в [17], оптимізація планування проводилася на верхньому рівні керування з урахуванням керуванням ланцюжком засмолень, що включає в себе всі етапи життєвого циклу продукту. Дослідження показали важливість точності прогнозування та оперативного реагування планування на зміну замовлень і постачань. Це черговий раз підтверджує важливість планування на всіх рівнях керування.

У [18] автор зосередився на проблемі швидкого визначення мінімального часу виробництва молочної продукції на підприємстві. Слід зазначити, що для задач об'ємного календарного планування наявність аналітичних моделей є дуже важливою, оскільки дає можливість розрахувати середньострокові плани з урахуванням наявних ресурсів (обладнання та персонал).

У [19] вирішувалася задача оперативного планування виробництва різних видів йогуртів з використанням гібридного підходу, що поєднує переваги моделі змішаного цілочисельного програмування та імітаційного моделювання. Атрибути переробки приймаються як фіксовані величини так само, як і в більшості попередніх досліджень, а час операції, який налаштовується до результатів імітаційного моделювання (за рахунок визначення часу роботи, ймовірності аварійних збоїв та часу ремонту), виставляється як стохастичний параметр для реалістичності рішення. Автори переконані, що з практичної точки зору поточна модель може бути розширена для включення в багатоступеневе планування виробництва. Лінія йогуртів також розглядалася і в [20; 21]. Автори першого дослідження створили математичну модель для об'ємного календарного планування виготовлення йогуртів, основна увага приділялася плануванню ресурсів фасувальних автоматів. У [21] при формуванні задачі оптимізації виробничого планування використовуються тільки лінійні обмеження, що значно спрощує процес розрахунку.

У [22] досліджувалася проблема планування на виробництві згущеного молока з урахуванням необхідності відстежуваності. Автори запропонували рішення в два етапи — визначення специфікацій для матеріальних потоків і безпосередньо їх планування. Апробацію на одному з підприємств підтвердила ефективність підходу порівняно з ручним плануванням.

У дисертаційній роботі [23] автор пропонує задачу оперативного планування виробництва розв'язувати через взаємопов'язані підзадачі планування виготовлення продукції й обслуговування обладнання. При цьому для вирішення цих підзадач використовується комбінація евристичних і точних методів.

Більшість із наведених вище досліджень зосереджуються на особливостях певних виробництв або навіть підприємств. Це не дивно, тому що підходи до побудови ефективних планів залежать від виробничої структури та особливостей технологічного обладнання. Більш загальні теоретичні відомості щодо методів планування варто шукати в працях, присвячених об'єктам періодичної та напівнеперервної дії, яка в англомовному варіанті має назву «Batch».

На теренах України, як і на території пострадянського простору, досить велику увагу приділяли і приділяють плануванню в машинобудуванні. Хоч на перший погляд може здатися, що між плануванням в машинобудуванні і молочному виробництві не може бути нічого спільного, однак це зовсім не так. Batch-процеси за своєю природою мають неперервно-дискретний характер, тому багато моделей, підходів і способів вирішення можна запозичити з планування в машинобудуванні. Так, наприклад, у дисертаційній роботі [24] автор пропонує ієрархічну систему планування, де на кожному рівні застосовуються різні моделі та способи вирішення.

**Метою статті** є огляд способів, методів, підходів і засобів оперативно-календарного планування (ОКП), що можуть мати місце для молочних підприємств, та можливі шляхи вдосконалення існуючих систем управління.

**Викладення основних результатів дослідження.** Аналіз наукових джерел дає привід вважати, що багато практичних задач мають принаймні теоретично-обґрунтовані рішення, навіть якщо вони дають наближені, але в той же час швидкі результати. Більшість задач зводиться до вирішення МІЛР, що передбачає, у свою чергу, певні спрощення, припущення, та введення додаткових обмежень. Найбільш популярним методом оптимізації є дуже відомий метод гілок і меж. Разом з ним часто використовують алгоритми оптимізації, що передбачають імітаційне моделювання (на базі мереж Петрі або інших мережних інтерпретацій діаграм станів), як правило, в комплексі з точними методами МІЛР. Використання імітаційних моделей зі стохастичною складовою дають можливість ще більше наблизити результати моделювання до реальних. Крім того, для ряду об'єктів створити точну аналітичну модель практично неможливо, що може компенсуватися значними спрощеннями в комплексі з імітаційним моделюванням. Велике значення при побудові планів мають евристичні методи на базі теорій масового обслуговування, теорії розкладів тощо.

Задачі, що потребують вирішення при об'ємному плануванні та оперативно-календарному зовсім різні, хоч і взаємопов'язані. Тому для їх вирішення, як правило, використовуються різні підходи.

Пошук оптимальних оперативно-календарних планів для виробничих цехів зі змішаною (мережною) структурою навіть на невеликому інтервалі планування має значні складності. Те саме стосується міжцехових планів, які, по суті, є «планами» узгодження внутрішньо-цехових планів. Тому в теоретичних дослідженнях очікуються нові результати саме в цих напрямках.

Незважаючи на жваві дослідження в теоретичному напрямку, практична реалізація функцій планування, зазвичай, базується на ручних операціях, евристичних методах або з використанням лінійного програмування (для об'ємного планування). Слід відмітити, що будь-які аналітичні розрахунки потребують побудову математичної моделі конкретної виробничої ділянки та всього виробництва. З практичної точки зору це означає, що для кожного підприємства повинно проводитися попередні дослідження, а зміна в переконфігуруванні обладнання повністю зведе отриману адекватну модель нанівець. Складається враження, що теорія і практика постійно будуть йти по різні боки.

Є ще ряд особливостей, які ускладнюють процеси планування на підприємствах саме з виробництвом молочної продукції, як і в принципі на інших підприємствах з багаторецептурним виробництвом. Перш за все це гнучкість виробничих ліній та змінна рецептура. Для прикладу, в цеху виготовлення та пакування цільномолочних продуктів може бути декілька десятків танків, в яких може готуватися різні типи продукту. Набір сумішей у танки відбувається через декілька пастеризаторів, що можуть працювати в паралель на різні танки. В цей час ряд танків може вивантажуватися, ряд проходити мийку, в інших — відбуватися процес приготування. Вивантаження, у свою

чергу, може відбуватися на різні фасувальні автомати, які теж повинні проходити мийку, як і все інше обладнання. І в кожному з танків можуть готуватися різні продукти за своїми рецептурами, що передбачають різний набір операцій. Таку структуру цеху прийнято називати мережною. В цей же час, поряд з традиційними цільномолочними продуктами, ринок постійно потребує нових продуктів, що, у свою чергу, приводить до появи нових рецептів зі своїм набором операцій. При такій гнучкій структурі розробити один раз модель, що буде використовуватися для розрахунку оптимального плану, досить проблематично на будь-якому рівні керування.

Другою особливістю є необхідність мийки обладнання. На перший погляд, мийку обладнання можна орієнтовно прирівняти до операцій підготовки машини (як у машинобудуванні). Однак для харчових виробництв зі змінною рецептурою кожен продукт потребує своєї програми мийки. Враховуючи, що мийка відбувається централізовано на одній із станцій СІР, необхідно враховувати використання її контурів іншим обладнанням цеху (або навіть іншого цеху).

Третьою особливістю є використання бактерій (заквасок) для приготування кисломолочних продуктів, що вносить певну стохастичну складову в процес моделювання.

Наведені вище особливості потребують розробки особливих моделей, принципів планування саме для таких типів виробничих цехів.

Реалізація планування гнучкого виробництва може проводитися з використанням стандартів ISA-95 [5—7], ISA-88 [25—27] (та їх аналогів IEC), які описують моделі всіх ресурсів підприємства. Ці стандарти разом з рядом інших лежать в основі референтної моделі компонентів Індустрії 4.0 (RAMI 4.0) та вже давно зарекомендували себе на багатьох підприємствах. Відповідно до них, уся інформація про виробниче обладнання міститься в базі даних підприємства (або в цифровому двійнику активу). Ця інформація, окрім властивостей, може включати також тип відношення до іншого обладнання. Іншими словами, вся виробнича модель в системах керування рівнів MOM та ERP, що розроблені з урахуванням наведених стандартів, вже описується в базі даних. Крім обладнання, в системі знаходиться інформація про інші ресурси (активи, матеріали, персонал). Окрім опису формату таблиць з даними, існують специфікації B2MML, які стандартизують представлення цих даних при обміні між складовими інтегрованої системи.

У свою чергу, для багаторецептурного виробництва ще з 1995 року використовуються стандарти ISA-88. У ці стандарти закладена ідея відокремлення опису технології від опису та автоматизації обладнання. У системах, побудованих за цими принципами, «технологічна програма» задається в рецепті (а не в керуючій програмі для обладнання) у вигляді таблиці, списку або діаграми (Гантта, SFC, PFC). Рецепт складається із компонувальних блоків, які, по суті, є посиланнями на операції або їх частини (етапи), що реалізовані в програмі керування конкретним обладнаннями. Технолог, по суті, складає з етапів усю послідовність, коли створює рецепт для нового продукту. Маючи цифрове представлення рецепту та знаючи час виконання кожного етапу, можна розраховувати час операції на кожному обладнанні.

На нашу думку, використання теоретичних розробок з оперативного календарного планування разом з можливостями ISA-88/95 можуть дати хороші результати в практичному використанні, тому потребують подальшого дослідження.

Ми також вважаємо, що в найближчі десять років слід очікувати нових ідей в плануванні з використанням хмарних технологій (Cloud). Можливість збирати дані (IoT, PoT) з будь-яких об'єктів у великій кількості та використовувати їх як в аналітиці, так і в навчанні (наприклад, нейромереж) саме по собі є дуже багатообіцяючим. Однак вже сьогодні є і менш амбітні, і більш практичні можливості. Хмарні технології дають можливість використовувати, якщо потрібно, великі обчислювальні ресурси. Іншими словами, складні обчислення можна запустити відразу на кількох сотнях процесорів, при цьому виділивши їх в потрібний момент часу і заплативши саме за час використання. Хмарні сервіси також зменшують «поріг входження» в систем MES/MOM, оскільки потребують закупівлі дорогого ПЗ та наймання великої групи спеціалістів, що дуже важливо для невеликих підприємств. Тому можна буде очікувати наявності сервісів планування для типових об'єктів у хмарі з «коробки». Ми не можемо в рамках цієї статті перерахувати всі можливості такого використання, однак очевидно, що це теж потребує додаткових досліджень.

### **Висновки**

Аналіз діяльності українських підприємств та інформації з доступних джерел дає змогу стверджувати:

1. Молочне виробництво багатоасортиментне, а обладнання має мережну виробничу структуру. Сучасне підприємство повинно функціонувати в умовах змінного замовлення з швидкою реакцією (доба) на зміни в ланцюжку постачань та збуту. Для ефективності роботи підприємства в таких умовах потребується точне планування на всіх рівнях керування.

2. Молочні підприємства України автоматизовані за «клаптиковим» принципом, що не дає змогу побудувати ефективну підсистему планування без інтеграції підсистем усіх рівнів.

3. Функціональна структура підприємства відповідно до сучасних стандартів ISA-95 вже має закладені механізми взаємодії між різними рівнями планування.

4. Теоретичні принципи та методи планування досить швидко розвиваються. Найближчим часом очікуються нові результати в дослідженні планування в багаторецептурних виробництвах з мережною структурою виробничих ліній.

5. Найбільш популярними способами планування є використання змішаного цілочисельного програмування (MILP) разом з імітаційним моделюванням на базі стано-орієнтованих моделей та евристичних алгоритмів.

6. Практичне використання в системах керування пророблених теоретичних методів з останніх досліджень зустрічається досить рідко. Однією з причин є складність побудови математичних моделей для конкретного виробничого підприємства та необхідність в постійній її корекції.

У дослідженні пропонується:

1. Як єдину інтеграційну платформу використовувати стандарти ISA-95, які виступають єдиною моделлю всього підприємства і є носієм всієї необхідної інформації для процесів керування.

2. Систему керування технологічними процесами будувати на базі принципів і моделей ISA-88. Підсистема планування отримуватиме інформацію про тривалість і послідовність операцій з рецепту та прив'язаних до рецептурних етапів посилань на відповідні етапи запланованого обладнання.

3. Як обчислювальний ресурс використовувати хмарні сервіси.

Потребує подальшого дослідження:

1. Теоретична база, математичні моделі для оперативного планування багаторецептурного виробництва з мережною архітектурою обладнання.

2. Розрахунок і вибір критеріїв оптимальності для оперативного планування виробництвом ціЛЬНОМОЛОЧНОЇ продукції.

3. Принципи розрахунку операцій на основі рецептурних даних.

4. Процедури отримання та перетворення даних з моделей ресурсів і рецептів.

### **Література**

1. *Ицкович Э.Л.* Методы комплексной автоматизации производства предприятий технологических отраслей: Построение MES Контроль и учет работы производства Сведение материального баланса Календарное планирование Оперативное управление Обслуживание и ремонт оборудования / Э.Л. Ицкович. — Москва : КРАСАНД, 2013. — 232 с.

2. *Пулена О.М.* Сучасні стандарти інтегрованого керування і шляхи їх впровадження в Україні / О.М. Пулена, І.В. Ельперін, Р.М. Міркевич // Наукові праці Національного університету харчових технологій. — 2017. — Т. 23, № 1. — С. 25—41.

3. *Kletti J.* Manufacturing Execution Systems — MES / J. Kletti, B. Berres, O. Brauckmann. — Berlin : Springer Berlin Heidelberg, 2007. — 276 p.

4. *Meyer H.* Manufacturing Execution Systems. Optimal Design, Planning, and Deployment / H. Meyer, F. Fuchs, K. Thiel., 2009. — 248 p.

5. Enterprise/Control System Integration. Part 1: Models and Terminology: ANSI/ISA-95.00.01-2010. — [Чинний від 2010-01-01]. — USA : International Society of Automation.

6. Enterprise/Control System Integration. Part 3: Activity Models of Manufacturing Operations Management: ANSI/ISA-95.00.03-2013. — [Чинний від 2013-01-01]. — USA : International Society of Automation.

7. Enterprise/Control System Integration. Part 3: Activity Models of Manufacturing Operations Management: ANSI/ISA-95.00.03-2013. — [Чинний від 2013-01-01]. — USA : International Society of Automation.

8. *Мауэргаус Ю.Е.* Продвинутое планирование и расписание (AP&S) в производстве и цепочках поставок / Ю.Е. Мауэргаус. — Москва : Экономика, 2012. — 574 с.

9. *Фролов Е.Б.* MES-системы, как они есть или эволюция систем планирования производства / Е.Б. Фролов, Р.Р. Загидуллин // Металлообрабатывающее оборудование. — 2008. — № 10. — С. 31—37.

10. State-of-the-art review of optimization methods for short-term scheduling of batch processes / [A.M. Carlos, C. Jaime, E.G. Ignacio and ets.]. // Computers and Chemical Engineering. — 2006. — # 30. — P. 913—946.

11. *Christodoulos A.F.* Mixed Integer Linear Programming in Process Scheduling: Modeling, Algorithms, and Applications / A.F. Christodoulos, L. Xiaoxia. // Annals of Operations Research. — 2005. — # 139. — P. 131—162.

12. *Michael L.P.* Scheduling: Theory, Algorithms, and Systems / L. Pinedo Michael. — Berlin: Springer Berlin Heidelberg, 2008. — 662 с.

13. Савчук О.В. Автоматизоване управління багатоасортиментним виробництвом молочної продукції з використанням когнітивного підходу : дис. канд. техн. наук : 05.13.07 / Савчук Ольга Вікторівна — Київ, 2015. — 241 с
14. Лошак Т.В. Автоматизоване управління виробництвом багатоасортиментної продукції молокозаводу : дис. канд. техн. наук : 05.13.07 / Лошак Тетяна Віталіївна — Київ, 2002. — 288 с.
15. Berlin J. A life cycle based method to minimise environmental impact of dairy production through product sequencing / J. Berlin, U. Sonesson, T. Anne-Marie. // 15. — 2007. — # 4. — P. 347—356.
16. Touil A. An MILP Model for Scheduling Multistage, Multiproducts Milk Processing / A. Touil, A. Echchatbi, A. Charkaoui. // IFAC-PapersOnLine. — 2016. — # 49. — P. 869—874.
17. Heikkilä O. Developing the order fulfilment process in dairy industry : thesis / Heikkilä Olli — Helsinki Metropolia University of Applied Sciences, 2017. — 84 p.
18. Koulouris A. Estimating analytically the capacity of batch plants with shared equipment: a yoghurt plant case study / Alexandros Koulouris. // Procedia Food Science. — 2011. — # 1. — P. 1792—1798.
19. Bilgen B. Integrated production scheduling and distribution planning in dairy supply chain by hybrid modelling / B. Bilgen, Y. Celebi. // Annals of Operations Research. — 2013. — # 1. — P. 55—82.
20. Kopanos G. Optimal Production Scheduling and Lot-sizing In Yoghurt Production Lines / G. Kopanos, L. Puigjaner, M. Georgiadis. // Computer Aided Chemical Engineering. — 2010. — # 28. — P. 1153—1158.
21. Doganis P. Optimal scheduling in a yogurt production line based on mixed integer linear programming / P. Doganis, H. Sarimveis. // Journal of Food Engineering. — 2007. — # 2. — P. 445—453.
22. Kilic O. Planning and scheduling in process industries considering industry-specific characteristics : thesis PhD / Kilic Onur Alper — University of Groningen, Enschede, 2011. — 161 p.
23. Farzad P. Resource optimization techniques in scheduling application to production and maintenance systems : thesis PhD / Farzad Pargar — University of Oulu, Oulu, 2017. — 96 p.
24. Загидуллин Р.Р. Система оперативно календарного планирования автоматизированного механообрабатывающего мелкосерийного производства на основе комплексных моделей : дис. докт. техн. наук : 05.13.06 / Загидуллин Равиль Рустэмбекович — Москва, 2007. — 451 с.
25. Batch Control Part 1: Models and Terminology: ANSI/ISA-88.00.01-2010. — [Чинний від 2010-01-01]. — USA : International Society of Automation.
26. Batch Control Part 2: Data Structures and Guidelines for Languages: ISA-88.00.02-2001 — [Чинний від 2001-01-01]. — USA : International Society of Automation.
27. Batch Control Part 3: General and Site Recipe Models and Representation: ISA-88.00.03-2003 — [Чинний від 2003-01-01]. — USA : International Society of Automation.



## INTENSIFICATION OF SYNTHESIS OF PRACTICALLY IMPORTANT MICROBIAL METABOLITES ON SUBSTRATES MIXTURE

T. Pirog, A. Gershtman, Yu. Penchuk  
*National University of Food Technologies*

---

**Key words:**

*Mixture of growth substrates*  
*Increasing the efficiency of microbial technology*

---

**Article history:**

Received 05.07.2018  
Received in revised form 27.07.2018  
Accepted 31.08.2018

---

**Corresponding author:**

T. Pirog  
**E-mail:**  
npnuht@ukr.net

---

**ABSTRACT**

---

Cultivation of microorganisms on mixture of growth substrates allows to avoid unproductive loss of carbon and energy that occurs when using monosubstrates, and also to improve efficiency of transformation of carbon substrates into biomass and to intensify synthesis of secondary metabolites.

The paper analyzes the modern scientific literature of last two or five years concerning the increase of synthesis on the mixed substrates (including industrial waste) of primary (organic acids, lipids, enzymes), secondary (polyhydroxy-alkanoates, polysaccharides, surface-active substances) metabolites, and also bioethanol and biohydrogen. Using mixture of substrates in microbial technologies enables to increase the rates of synthesis of practically valuable metabolites by 1.5—10 times compared with cultivation producers on corresponding monosubstrates, and in some cases even regulate the composition and properties of final product.

Own experimental data on synthesis intensification on mixture of industrial waste (frying sunflower oil, waste of biodiesel production, molasses) of microbial exopolysaccharide ethapolan (producer *Acinetobacter* sp. IMV B-7005) and *Nocardia vaccinii* IMV B-7405 surfactants are presented. Unlike most scientists who empirically establish both the concentration of substrates in the mixture and the choice of monosubstrates, in our studies to increase the carbon transformation of substrates mixture into final product, the molar ratio of monosubstrate concentrations in mixture was established on the basis of theoretical calculations of the energy requirement for process biosynthesis. In addition, using mixture of waste to obtain microbial surfactants will not only reduce cost of final product, but also utilize toxic industrial waste and increase profitability of biodiesel production.

## ІНТЕНСИФІКАЦІЯ СИНТЕЗУ ПРАКТИЧНО ВАЖЛИВИХ МІКРОБНИХ МЕТАБОЛІТІВ НА СУМІШІ СУБСТРАТІВ

Т.П. Пирог, А.Ю. Герштман, Ю.М. Пенчук

Національний університет харчових технологій

Культивування мікроорганізмів на суміші ростових субстратів дає змогу уникнути непродуктивних витрат вуглецю та енергії, які мають місце при використанні моносубстратів, а також підвищити ефективність трансформації вуглецю субстратів у біомасу та інтенсифікувати синтез вторинних метаболітів.

У статті проаналізовано сучасну наукову літературу останніх двох-п'яти років щодо підвищення синтезу на змішаних субстратах (у тому числі й промислових відходах) первинних (органічні кислоти, ліпіди, ферменти), вторинних (полігідроксиалканоати, полісахариди, поверхнево-активні речовини) метаболітів, а також біоетанолу і біоводню. Використання суміші субстратів у мікробних технологіях дає змогу збільшити показники синтезу практично цінних метаболітів у 1,5—10 разів порівняно з вирощуванням продуцентів на відповідних моносубстратах, а також у деяких випадках навіть регулювати склад і властивості цільового продукту.

Наведено власні експериментальні дані про інтенсифікацію синтезу на суміші промислових відходів (відпрацьована соняшникова олія, відходи виробництва біодизелю, м'яса) мікробного екзополісахариду етаполану (продуцент *Acinetobacter* sp. IMB B-7005) і поверхнево-активних речовин *Nocardia vacillans* IMB B-7405. На відміну від більшості науковців, які емпірично встановлюють як концентрацію субстратів у суміші, так і вибір моносубстратів, у наших дослідженнях для підвищення трансформації вуглецю суміші субстратів у цільовий продукт встановлювали оптимальне для його утворення молярне співвідношення концентрацій моносубстратів у суміші на основі теоретичних розрахунків енергетичних потреб процесу біосинтезу. Крім того, використання суміші відходів для одержання мікробних ПАР дасть змогу не тільки знизити собівартість цільового продукту, а й утилізувати токсичні промислові відходи та підвищити рентабельність виробництва біодизелю.

**Ключові слова:** суміш ростових субстратів, підвищення ефективності мікробних технологій.

**Постановка проблеми.** Нині технології мікробного синтезу найінтенсивніше розвиваються серед багатьох галузей біотехнології. Практично цінні мікробні метаболіти поступово заміщують традиційні продукти, а в інших випадках є унікальними і не можуть бути отримані хімічним синтезом [1].

Основними недоліками для великомасштабного виробництва більшості продуктів мікробного синтезу є їх собівартість, зумовлена використанням дорогих субстратів і невисокий вихід кінцевого продукту. Тому для розвитку економічно ефективних технологій застосовуються різноманітні підходи:

використання як субстратів відходів інших виробництв, оптимізація умов культивування продуцентів, внесення у середовище екзогенних попередників біосинтезу, визначення можливих «вузьких» місць метаболізму і розробка шляхів їхнього усунення, а також використання суміші ростових і неростових субстратів [2].

Відомо, що використання суміші субстратів дає змогу значно підвищити синтез біомаси, а можливість інтенсифікації синтезу вторинних метаболітів вперше було встановлено на прикладі мікробного екзополісахариду етаполану [2]. За одночасного споживання суміші субстратів мікроорганізмами часто спостерігають підвищення рівня біомаси, швидкості росту, скорочення тривалості лаг-фази, що можуть бути зумовлені: 1) використанням одного з субстратів як додаткового джерела енергії; 2) одночасним використанням обох субстратів як в енергетичному, так і в конструктивному метаболізмі; 3) розширенням «вузьких місць» метаболізму моносубстрату за рахунок введення допоміжного субстрату [2].

У 2013 р. ми опублікували літературний огляд [3], у якому були підсумовані відомі на той час дані про використання мікроорганізмами суміші ростових субстратів як у природних умовах, так і керованих біотехнологічних процесах. Велика увага була приділена молекулярним механізмам, що лежать в основі явища катаболітної репресії у мікроорганізмів і їх використанню для розробки технологій утилізації рослинної біомаси з одержанням промислово важливих метаболітів, а також стратегії виживання гетеротрофних мікроорганізмів у природних оліготрофних середовищах.

Незважаючи на досить короткий проміжок часу від моменту публікації огляду [3], у літературі з'явилися нові відомості про синтез мікробних метаболітів на суміші субстратів, причому й на змішаних промислових відходах.

З огляду на вищевикладене **мета** цього огляду — аналіз сучасної наукової літератури про підвищення синтезу різноманітних продуктів мікробного походження на змішаних субстратах, яка з'явилась після опублікування літературного огляду [3] або не увійшла до нього.

**Синтез поверхнево-активних речовин на суміші субстратів.** Зазначимо, що в останні кілька років, як і раніше, інформація про використання змішаних субстратів для утворення мікробних поверхнево-активних речовин (ПАР) є обмеженою [4—13].

*Софороліпіди.* У [4] зазначається, що використання суміші гідрофобних і гідрофільних субстратів для біосинтезу ПАР дріжджами є більш ефективним, ніж культивування продуцентів на відповідних моносубстратах. Так, максимальну концентрацію біомаси (27 г/л) та софороліпіду (38,6 г/л) штам *Starmarella bombicola* МТСС 1910 утворював на суміші глюкози (100 г/л) та соняшникової олії (100 г/л). Ці показники були на 45% вищими, ніж на моносубстраті глюкозі, а на середовищі з олією утворювались лише сліди софороліпідів.

Інший штам дріжджів *Wickerhamiella domercqiae* СGMCC 1576 синтезував софороліпіди на суміші олеїнової кислоти (6%) та глюкози (80 г/л) [6]. Максимальна концентрація ПАР (41 г/л) досягалася після 144 год культивування.

У [10] повідомляється, що вихід ПАР вдалося підвищити майже в 10 разів (до 20г/100г субстрату) у разі культивування штаму *Candida bombicola* NRRL

Y-17069 на суміші шроту від виробництва соняшникової олії (50 г/л) та нерафінованої соєвої олії (50 г/л). У подальших дослідженнях автори здійснювали поверхнєве культивування продуцента на такому самому змішаному субстраті, що супроводжувалося збільшенням виходу софороліпідів до 49,5г/100г субстрату. В [11] штам NRRL Y-17069 культивували на суміші відпрацьованого моторного мастила (50 г/л) та відходів від виробництва соняшникової олії (50 г/л). Максимальна концентрація синтезованих ПАР (26,4 г/л, або 13,2г/100г субстрату) досягалась після 96 год культивування. Як і в [10], при зміні способу культивування з глибинного на поверхневий, вихід цільового продукту вдалося збільшити до 45,8г/100г субстрату.

Daverey зі співавт. [12] досліджували синтез софороліпідів дріжджами *Candida bombicola* NRRL Y-17069 на суміші депротейнізованої сироватки (90 г/л), глюкози (10 г/л) та олеїнової кислоти (100 г/л). Концентрація ПАР становила 23,3 г/л, у той час як на середовищі без глюкози була на 56% нижчою. Встановлено, що показники біосинтезу залежали від співвідношення вмісту глюкози та сироватки в середовищі культивування. Так, максимальна кількість софороліпідів досягалась за співвідношення концентрацій сироватки і глюкози 9:1. Під час культивування штаму NRRL Y-17069 у ферментері на середовищі такого самого складу кількість ПАР становила 25,5 г/л, а регуляція рН в процесі культивування дозволила збільшити цей показник до 33,3 г/л. Крім того, заміна олеїнової кислоти на дешевші соняшникову та оливкову олію супроводжувалася зниженням концентрації ПАР до 2,6 та 6,2 г/л відповідно. У [12] зазначається, що необхідність стадії депротейнізації молочної сироватки значно знижує ефективність даної технології.

Інші гліколіпіди. У [5] повідомляється, що штам дріжджів *Pichia caribbica* на середовищі з 100 г/л ксилози та 4% олеїнової кислоти синтезував 7,48 г/л ксилоліпідів.

Faria із співавт. [7] досліджували можливість використання ксилози як моносубстрату, так і в суміші з глюкозою для біосинтезу манозилеритритоліпідів дріжджами *Pseudozyma antarctica* РУСС 5048Т, *Pseudozyma rugulosa* РУСС 5537Т, *Pseudozyma aphidis* РУСС 5535Т. Лише у разі культивування штаму РУСС 5535Т на суміші субстратів концентрація ПАР була удвічі вищою, ніж на моносубстраті ксилозі [7].

У [8] п'ять штамів дріжджів культивували на суміші глюкози з гліцерином, соєвою олією, оливковою олією та відходами після її виробництва. Максимальна концентрація гліколіпідів (2,6 г/л) досягалася за культивування штаму *Wickerhamomyces anomalus* ССМА 0358 в середовищі, що містило суміш глюкози (1 г/л) та оливкової олії (20 г/л).

Karpenko із співавт. [9] повідомляють про біосинтез рамноліпідів штамом *Pseudomonas* sp. PS-17 на суміші гліцерину з пересмаженою олією та відходами виробництва соняшникової олії. Концентрація ПАР, синтезованих на суміші гліцерину з відходами виробництва соняшникової олії, була на 30—70% вищою, ніж на моносубстратах. У разі використання суміші гліцерину з пересмаженою олією показники синтезу були на 20% вищими, ніж на гліцерині. Максимальна концентрація рамноліпідів (10,5 г/л) досягалась за умов росту продуцента в середовищі з 30 г/л гліцерину та 15 г/л відходів вироб-

ництва соняшникової олії. Проте зазначимо, що синтез ПАР досліджувався не на «класичній» суміші субстратів, оскільки відходи виробництва олії вносили у середовище після 72 год культивування.

*Ліпопептиди.* Заслуговує на увагу дослідження [13], в якому описано процес виділення штамів мікроорганізмів, здатних до автотрофної фіксації вуглецю. Автори повідомляють про культивування ізольованих штамів упродовж 8 діб у простому мінеральному середовищі з 50 мМ  $\text{NaHCO}_3$  і 1% глюкози як джерелами вуглецю. Встановлено, що штам *Bacillus* sp. SS105 виявився автотрофом і здатним до синтезу ПАР ліпопептидної природи. За умов росту на середовищі з 50 мМ  $\text{NaHCO}_3$  як автотрофним джерелом вуглецю та мелясою (15% об'ємна частка) штам SS105 синтезував 2,65 г/л ПАР. Автори зазначають, що в подальшому розробка такої технології одержання ПАР дасть змогу утилізувати вуглекислий газ, що накопичується в земній атмосфері.

Зазначимо, що використання суміші субстратів є доцільним лише за умови, коли концентрація ПАР, синтезованих на суміші субстратів, є порівняною з показниками на моносубстратах. Проте автори праць [5, 6, 8, 11, 13] не наводять таких даних, а у працях [4, 10] моносубстрати та їх суміші не були еквімолярні за вуглецем, що ставить під сумнів ефективність такої технології.

Крім того, у [4—13] дослідники емпірично визначали концентрацію субстратів у суміші. За таких умов підвищення показників синтезу цільових продуктів на суміші субстратів навіть у рази порівняно з культивуванням на моносубстратах не є показовим, адже основним критерієм ефективності змішаних субстратів є максимальна конверсія вуглецю в цільовий продукт.

У зв'язку з цим для біосинтезу ПАР штамом *Nocardia vaccinii* ІМВ В-7405 ми здійснювали попередній теоретичний розрахунок співвідношення концентрацій моносубстратів (гліцерин та глюкоза) у суміші [14]. Згідно з «енергетичною» класифікацією субстратів Бабеля [2] гліцерин є енергетично дефіцитним субстратом, а глюкоза залежно від шляху катаболізму може бути або енергетично дефіцитним (гліколіз, шлях Ентнера-Дудорова), або енергетично надлишковим (пентозофосфатний цикл). У подальших дослідженнях було встановлено, що у штаму ІМВ В-7405 глюкоза залучається до метаболізму через пентозофосфатний цикл. На основі теоретичних розрахунків було встановлено, що молярне співвідношення концентрацій глюкози і гліцерину в середовищі повинно становити 0,394:1, або 1:2,5 [14]. Експериментальні дослідження підтвердили теоретичні розрахунки. Максимальний синтез ПАР спостерігався за співвідношення компонентів суміші 1:2,5—1,4, що є близьким до теоретично розрахованого значення.

На наступному етапі [15] глюкозу та очищений гліцерин замінювали на відповідні промислові відходи (мелясу та технічний гліцерин, який є відходом виробництва біодизелю). За умов росту штаму ІМВ В-7405 на середовищі з 5% технічного гліцерину та 1% меляси концентрація ПАР досягала 6,4 г/л. Подальше збільшення концентрації будь-якого з компонентів суміші призводило до зниження концентрації цільового продукту, що було спричинене недостатнім співвідношенням С/Н у середовищі. Тому на наступному етапі у середовищі з 5—7% технічного гліцерину підвищували удвічі (до 1 г/л) концен-

трацію джерела азоту. Такий прийом дав змогу підвищити концентрацію ПАР до 7,5 г/л [15].

Подальші дослідження показали можливість інтенсифікації синтезу ПАР *N. vaccinii* ІМВ В-7405 на суміші токсичних промислових відходів (відпрацьованої соняшникової олії та технічного гліцерину). Спочатку на основі теоретичних розрахунків енергетичних потреб синтезу поверхнево-активних трегалозоміколатів і біомаси *N. vaccinii* ІМВ В-7405 на енергетично дефіцитному субстраті (гліцерин) встановлено, що молярне співвідношення концентрацій рафінованої соняшникової олії та очищеного гліцерину у суміші, за якого досягається максимальний синтез ПАР, повинно становити 0,16:1. Експериментальні дослідження показали, що найвищі показники синтезу ПАР спостерігалися за молярних співвідношень концентрацій цих субстратів 0,14:1—0,19:1, максимально наближених до теоретично розрахованого. Далі рафіновану олію і очищений гліцерин замінювали на відповідні промислові відходи. За молярного співвідношення концентрацій відпрацьованої олії та технічного гліцерину 0,078:1 у суміші (з урахуванням 50% вмісту гліцерину у складі відходів виробництва біодизелю) та використання інокуляту, вирощеного на технічному гліцерині, кількість синтезованих ПАР становила 5,1—5,4 г/л, що в 1,6—2,3 рази вище порівняно з культивуванням *N. vaccinii* ІМВ В-7405 на відповідних моносубстратах

Узагальнені дані про синтез поверхнево-активних речовин на змішаних субстратах наведено у табл. 1.

Таблиця 1. Використання суміші субстратів для біосинтезу поверхнево-активних речовин

| ПАР          | Продуцент                                   | Суміш субстратів, г/л   | Концентрація ПАР, г/л | Зміна концентрації ПАР (г/л) від контролю*, % | Література |
|--------------|---|---|-----------------------|---|------------|
| 1            | 2   | 3   | 4                     | 5   | 6          |
| Софороліпіди | <i>Starmerella bombicola</i> MTCC 1910      | глюкоза, 100 + рафінована соняшникова олія, 100                               | 38,6                  | глюкоза, 145<br>соняшникова олія, 1600        | [4]        |
|              | <i>Wickerhamiella domercqiae</i> CGMCC 1576 | глюкоза, 80 + олеїнова кислота, 6% (об'ємна частка)                           | 41                    | —   | [6]        |
|              | <i>Candida bombicola</i> NRRL Y-17069       | шрот від виробництва соняшникової олії, 50 + нерафінована соєва олія, 50      | 20г/100г субстрату    | шрот, 1000                                    | [10]       |
|              |   | відпрацьоване моторне мастило, 50 + відходи виробництва соняшникової олії, 50 | 26,4                  | —   | [11]       |

| 1                | 2   | 3  | 4       | 5                                  | 6    |     |
|------------------|---|--|---------|------------------------------------|------|-----|
| Софороліпіди     | <i>Candida bombicola</i> NRRL Y-17069     | депротейнізована сироватка, 90 + глюкоза, 10 + олеїнова кислота, 100                   | 23,3    | середовище без глюкози, 156        | [12] |     |
| Інші гліколіпіди | <i>Pichia caribbica</i>                   | ксилоза, 100 + олеїнова кислота, 4% (об'ємна частка)                                   | 7,48    | —                                  | [5]  |     |
| Інші гліколіпіди | <i>Pseudozyma antarctica</i> PYCC 5048T   | глюкоза, 20 + ксилоза, 20  | 4,9     | ксилоза, 102                       | [7]  |     |
|                  | <i>Pseudozyma rugulosa</i> PYCC 5537T     |  |         | глюкоза, 91                        |      |     |
|                  | <i>Pseudozyma aphidis</i> PYCC 5535T      |  | 3,0     | ксилоза, 107<br>глюкоза, 91        |      |     |
|                  | <i>Wickerhamomyces anomalus</i> CCMA 0358 | глюкоза, 1 + олівова олія, 20  | 2,2     | ксилоза, 208<br>глюкоза, 74        |      | [8] |
|                  | <i>Pseudomonas</i> sp. PS-17              | гліцерин, 30 + пересмажена олія, 15  | 2,6     | —                                  |      | [9] |
|                  |   | гліцерин, 30 + відходи виробництва соняшникової олії, 15                               | 9,7     | гліцерин, 120                      |      |     |
|                  |   |  | 10,5    | гліцерин, 130<br>відходи, 170      |      |     |
| Ліпопептид       | <i>Bacillus</i> sp. SS105                 | NaHCO <sub>3</sub> , 50 мМ (автотрофне джерело вуглецю), + м'яса, 15% (об'ємна частка) | 2,65    | —                                  | [13] |     |
| Трегалозоміколат | <i>Nocardia vaccini</i> IMB B-7405        | технічний гліцерин, 7% (об'ємна частка) + м'яса, 1% (об'ємна частка)                   | 7,5 г/л | технічний гліцерин, 320 м'яса, 290 | [15] |     |

**Примітки:** \*контроль (100%) показники синтезу на моносубстратах; «—» — дані не наведено.

**Біосинтез інших мікробних метаболітів на змішаних субстратах.** Стратегія використання суміші субстратів використовується не лише для отримання ПАР, а й для інших практично цінних мікробних метаболітів: ліпідів [16—24], екзополісахаридів [25—27], пілігдроксиалканоатів [28—30], ферментів [31—33], органічних кислот [34—38], пропандіолу [39, 40], біоетанолу [41], біоводню [42, 43].

*Ліпіди.* Продуктивність синтезу ліпідів старою та молодою культурою гетеротрофних мікроводоростей *Chlorella protothecoides* на середовищі з глю-

козою та дріжджовим екстрактом становила 2,07 і 1,61 г/л/добу відповідно, у той час як при використанні суміші відходів пивоваріння і технічного гліцерину цей показник підвищувався до 2,12 і 1,81 г/л/добу [16]. У праці [17] показано, що використання суміші апельсинового жому та відходу біодизельного виробництва для синтезу метану зменшує інгібуючий вплив компонентів цих субстратів і забезпечує правильний баланс поживних речовин.

Аналогічний підхід було використано Louhasakul та Cheirsilp [18]. Змішування слабкокислих стічних вод після виробництва пальмової олії та лужного технічного гліцерину дало змогу виключити використання титрувальних агентів для доведення рН до оптимального рівня, а кількість синтезованих ліпідів *Yarrowia lipolytica* TISTR 5151 була у 1,55 раза більшою, ніж під час росту дріжджів тільки на відходах виробництва пальмової олії [18].

У [19] використовували суміші легких жирних кислот для біосинтезу мікробних ліпідів штамом *Cryptococcus curvatus* ATCC 20509. Максимальна концентрація ліпідів (4,93 г/л) та біомаси (8,68 г/л) спостерігалась за використання суміші оцтової, пропіонової і масляної кислот у співвідношенні (г/л) 15:5:10, та була вищою ніж на середовищі з 30 г/л оцтової кислоти як моно-субстрату (концентрація ліпідів 4,18 г/л та біомаси 7,21 г/л. Ці ж автори для біосинтезу ліпідів на суміші жирних кислот використовували інший штам — *Cryptococcus curvatus* MUCL 29819 [20]. Як і в попередніх дослідженнях [19], найбільший вплив на конентрацію синтезованих ліпідів спричиняв вміст оцтової кислоти у суміші жирних кислот. Так, максимальна концентрація ліпідів (1,77 г/л) та біомаси (4,4 г/л) досягалась на суміші (г/л) оцтової, пропіонової і масляної кислот у співвідношенні 6:3:1.

Ganatsios із співавт. [21] досліджували синтез ліпідів *Lipomyces starkeyi* DSM 70296 на суміші м'яса та апельсинового соку з загальною концентрацією вуглеводів 40 г/л. Встановлено, що за таких умов культивування концентрація ліпідів становила 0,25 г/г біомаси та була вищою, ніж за використання 40 г/л глюкози як єдиного джерела вуглецю (0,23 г/г біомаси).

Автори дослідження [22] зазначають, що у процесі культивування *Rhodospiridium toruloides* DSMZ 4444 на суміші 30 г/л глюкози та 30 г/л гліцерину спостерігали типову діауксію, тому концентрація синтезованих ліпідів (11 г/л) практично не відрізнялася від такої на моносубстраті глюкозі.

У [23] для біосинтезу ліпідів штамом дріжджів *Wickerhamomyces anomalus* використовували суміш глюкози та відпрацьованої після смаження картоплі, риби та м'яса олії. Автори зазначають, що додавання відпрацьованих олій призвело до зниження загального вмісту накопичуваних ліпідів, проте на 4—7% підвищило концентрацію біомаси.

У [24] описується синтез штамом дріжджів *Yarrowia lipolytica* JMY4086 ліпідів на суміші м'яса та технічного гліцерину. На початку культивування в поживному середовищі містилась лише м'яса, за рахунок якої відбувалось накопичення біомаси продуцента. На 48 год починали додавати технічний гліцерин зі швидкістю 8 г/год до загального вмісту в середовищі 100 г/л. Максимальна концентрація ліпідів накопичувалась після 100 год культивування та становила 16 г/л.



*Екзополісахариди.* У [25] досліджували синтез пулулану на суміші гідролізату картопляного крохмалю з сахарозою, глюкозою, фруктозою. Під час культивування *Aureobasidium pululans* 201253 у ферментері на середовищі з 80 г/л крохмалю і 20 г/л сахарози концентрація пулулану становила 55 г/л та була вищою, ніж на моносубстраті крохмалі (35 г/л) та суміші крохмалю, глюкози та фруктози (39 г/л), проте нижчою, ніж за використання сахарози як моносубстрату (69 г/л). Автори зазначають, що попри те, що оптимальним субстратом для біосинтезу пулулану є сахароза, використання суміші сахарози і гідролізату крохмалю дасть змогу знизити собівартість кінцевого продукту.

У праці [26] встановлено, що у процесі вирощування *Leuconostoc mesenteroides* DSM 20343 на середовищі, що містило суміш соєвого борошна (або борошна фави) з сахарозою суттєво підвищувалася в'язкість культуральної рідини, що засвідчує підвищення рівня синтезу екзополісахаридів (глюкану та фруктану) порівняно з іншими метаболітами (манітол, молочна та оцтова кислота).

Наші дослідження [27] дали змогу встановити умови культивування *Acinetobacter* sp. IMB B-7005, які б забезпечували максимальні показники синтезу мікробного екзополісахариду (ЕПС) етаполану на суміші меляси та соняшникової олії. На основі теоретичних розрахунків енерговитрат на синтез етаполану та біомаси визначено, що оптимальне молярне співвідношення концентрацій енергетично дефіцитного (сахароза) та надлишкового (соняшникова олія) субстратів у суміші становить 1:0,9. Експерименти показали, що найвищі показники синтезу ЕПС спостерігалися за молярного співвідношення моносубстратів у суміші 1:1,1, максимально наближеного до теоретично розрахованого. Підвищення концентрації меляси та рафінованої олії у суміші з 1,0 до 1,5% супроводжувалося збільшенням кількості синтезованих ЕПС і ЕПС-синтезувальної здатності у 1,2 і 1,3 раза відповідно. Встановлено можливість заміни рафінованої олії у суміші з мелясою на різні типи відпрацьованої (після смаження картоплі, м'яса, овочів та змішану). Найвищі показники синтезу ЕПС (концентрація ЕПС 14 г/л, ЕПС-синтезувальна здатність 3,5 г ЕПС/г біомаси) спостерігалися за умови використання змішаної відпрацьованої олії як для одержання посівного матеріалу, так і біосинтезу ЕПС [27]. Одержані нами результати засвідчують можливість створення універсальної технології одержання мікробного екзополісахариду етаполану на суміші відходів (меляси та відпрацьованої олії), незалежної від типу та постачальника відпрацьованої олії.

*Полігідроксиалканоати.* Одним із відомих і широко використовуваних мікробних полімерів є полігідроксиалканоати (ПГА). Завдяки високій біосумісності та біодеградабельності такі полімери широко використовуються в різних сферах діяльності людини [28]. Так, сополімер полі(3-гідроксибутират-со-4-гідроксибутират) [P(ЗНВ-со-4НВ)] застосовується у фармацевтиці та як біоматеріал в медицині. Унікальні властивості цього сополімеру зумовлені наявністю у його складі мономеру 4-гідроксибутирату (4НВ), оскільки він не спричиняє запалення тканин, підвищує загальну біосумісність та покращує фізичні властивості кінцевого продукту. Тож зусилля науковців спрямовані не лише на інтенсифікацію синтезу полімеру, а й на збільшення вмісту в ньому мономеру 4-гідроксибутирату (4НВ).

Одним із продуцентів сополімеру [P(3НВ-со-4НВ)] є штам бактерій *Cupriavidus* sp. USMAA1020 [28]. Як субстрати для біосинтезу використовували суміш олеїнової кислоти з попередниками 4-гідроксибутирату (4НВ) ( $\gamma$ -бутиролактон, 1,4-бутандіол, 1,6-гександіол) та суміші лише попередників мономеру. Встановлено, що за використання суміші олеїнової кислоти з кожним із попередників концентрація синтезованого сополімеру збільшилась в 3—8 разів, але при цьому вміст мономеру 4-гідроксибутирату (4НВ) у складі цільового продукту знизився на 40—50% порівняно з сополімером, одержаним на середовищі з попередниками 4-гідроксибутирату як моносубстратах.

Тому на наступному етапі досліджень автори досліджували синтез сополімеру [P(3НВ-со-4НВ)] лише на суміші попередників 4-гідроксибутирату. За таких умов культивування концентрація синтезованого сополімеру була на 30—50% нижчою, ніж за використання суміші попередників мономеру 4НВ та олеїнової кислоти, проте вміст цільового мономеру у складі сополімеру підвищувався до 50—70%, що у 2—2,5 рази більше ніж на відповідних попередниках як моносубстратах. Сополімер з максимальним вмістом (70%) цільового мономеру був отриманий на суміші  $\gamma$ -бутиролактону та 1,6-гександіолу, проте концентрація синтезованого полімеру становила лише 0,3 г/л. Отже, більш оптимальним варіантом є використання суміші 1,4-бутандіолу і 1,6-гександіолу, що дає можливість отримати 5,4 г/л сополімеру з вмістом 4НВ 40% [28]. У наступних дослідженнях [29] автори встановили можливість підвищення концентрації синтезованого на суміші 1,4-бутандіолу і 1,6-гександіолу сополімеру до 8,6 г/л (вміст 4НВ 35%). Крім того, у [30] було показано можливість отримання сополімеру на суміші  $\gamma$ -бутиролактону та 1,6-гександіолу з вмістом 4НВ 92% за рахунок використання генно модифікованих штамів *Cupriavidus* sp. USMAA1020<sub>phaC2-4</sub> та *Cupriavidus* sp. USMAA1020<sub>phaC1020</sub>.

**Ферменти.** Salakkam із співавт. [31] використовували суміш макухи соєвих бобів і відвареного рису як субстрату для твердо-фазової ферментації *Aspergillus oryzae* TISTR 3087. За масового співвідношення макухи соєвих бобів з відвареним рисом 75:25 активність протеази становила 33 од/г, що у 11 раз більше, ніж за використання соєвих бобів як моносубстрату.

У [32] досліджували синтез ліпази штамом *Yarrowia lipolytica* SM7 на суміші технічного гліцерину (40 г/л) з оливковою та соєвою олією (5% мас). Як зазначають автори, додавання олійних субстратів дало змогу зняти репресію синтезу ліпази гліцерином та інтенсифікувати її утворення. Так, на суміші субстратів активність ліпази становила 22,45—25,1 од/мл, у той час як на моносубстраті гліцерині всього 4 од/мл.

Максимальний синтез фітази (1881,26 од/г міцелію) *Sporotrichum thermophile* досягався на середовищі з 2,5% Tween 80 і 1,0% дріжджового екстракту [33]. У той же час під час культивування продуцентана суміші цукрової тростини і пшеничних висівок вдалося підвищити активність ферменту в 11,6 рази.

**Органічні кислоти.** Zheng зі співавт. [34] повідомляють про використання залишків Софори жовтуватої (*Sophora flavescens*) у суміші з змішаними харчовими відходами для біосинтезу *L*-молочної кислоти *Lactobacillus casei* СІСС 6106. Максимальна концентрація *L*-молочної кислоти становила 48,4 г/л за

співвідношення софори і змішаних харчових відходів 1:1,5 і була в 2—4 рази вищою, ніж на відповідних моносубстратах.

*Propionibacterium acidipropionici* CGMCC1.2225 [35] синтезував 21,9 г/л пропіонової кислоти на суміші гліцерину та глюкози у молярному співвідношенні 4:1. За умов росту штаму на моно субстратах концентрація цільового продукту не перевищувала 11,5—18,1 г/л.

Автори праці [32] повідомляють про синтез штамом *Y. lipolytica* SM7 лимонної кислоти на суміші технічного гліцерину (40 г/л) з оливковою, соєвою олією та моторним мастилом (5% мас.). Встановлено, що використання суміші технічного гліцерину з оливковою та соєвою олією збільшувало концентрацію цитрату на 41 та 90% відповідно. Максимальна концентрація лимонної кислоти (2,3 г/л) досягалася на суміші технічного гліцерину та соєвої олії. Додавання ж до технічного гліцерину моторного мастила знижувало концентрацію цільового продукту на 58%.

*Candida viswanathii* ire-1 синтезує  $\alpha,\omega$ -додекандіонову кислоту на суміші ксилози і глюкози [36]. Здатність штаму до одночасного споживання гексоз і пентоз дала змогу розробити авторам ефективний процес біосинтезу  $\alpha,\omega$ -додекандіонової кислоти на суміші гідролізату соломи та н-додекану. За таких умов культивування концентрація цільового продукту була на 40% вищою, ніж на моносубстраті глюкозі.

У [37] досліджували синтез бурштинової кислоти за умов росту *Enterobacter* sp. LU1 на суміші гліцерину і лактози. Концентрація сукцинату становила 35 г/л за вмісту гліцерину і лактози у суміші 50 і 25 г/л відповідно.

У процесі вирощування *Rhizopus* sp. IAFB781 на середовищі з 40 г/л гліцерину або ксилози концентрація фумарової кислоти становила 6,1 і 19,8 г/л відповідно [38]. У той же час використання суміші цих субстратів дало змогу підвищити концентрацію цільового продукту до 28 г/л.

*Пропандіол*. У [39] автори повідомляють про синтез 1,3-пропандіолу штамом *Klebsiella pneumoniae* BA11 на суміші гліцерину та глюкози. Проте зазначається, що додавання глюкози в середовище культивування не вплинуло на концентрацію синтезованого цільового продукту, а лише збільшило на 3—5% концентрацію біомаси порівняно з культивуванням продуцента на гліцерині.

Використання глюкози, ксилози та арабінози як ко-субстратів при культивуванні *Clostridium diolis* DSM 15410 на середовищі з гліцерином супроводжувалося збільшення виходу 1,3-пропандіолу (1,3-ПД) на 28%, 19% і 18 % відповідно [40]. Під час росту штаму DSM 15410 на гліцерині і суміші цукрів (глюкози, ксилози, арабінози у масовому співвідношенні 1:1:1) також спостерігали підвищення на 19% (до 13,9 г/л) концентрації 1,3-ПД, що свідчить про можливість використання суміші гліцерину та лігноцелюлозних гідролікатів для отримання 1,3-ПД. Це припущення було підтверджене експериментально: за культивування *C. diolis* DSM 15410 на суміші технічного гліцерину та гідролізату кукурудзяних стебел рівень синтезу 1,3-ПД становив 42,9 г/л, що на 31% вище, ніж під час росту на гліцерині як моносубстраті [40].

Узагальнені дані про утворення різних продуктів мікробного синтезу на змішаних субстратах наведено у табл. 2.

## БІОТЕХНОЛОГІЇ

**Таблиця 2. Використання суміші субстратів для біосинтезу практично цінних метаболітів**

| Цільовий продукт | Продуцент                                  | Суміш субстратів, г/л   | Показники синтезу | Зміна показників синтезу порівняно з контролем*, % | Література |
|------------------|--|---|-------------------|--|------------|
| 1                | 2  | 3   | 4                 | 5  | 6          |
| Ліпіди           | <i>Cryptococcus curvatus</i> ATCC 20509    | оцтова кислота, 15 + пропіонова кислота, 5+ масляна кислота, 10                     | 4,93 г/л          | оцтова кислота — 118                               | [19]       |
|                  | <i>Cryptococcus curvatus</i> MUCL 29819    | оцтова кислота, 2,4 + пропіонова кислота, 1,2 + масляна кислота, 0,4                | 1,77 г/л          | —  | [20]       |
|                  | <i>Lipomyces starkeyi</i> DSM 70296        | меляса+апельсиновий сік, 40 за вуглеводами  | 0,25 г/г біомаси  | глюкоза — 109                                      | [21]       |
|                  | <i>Rhodospiridium toruloides</i> DSMZ 4444 | глюкоза, 30 гліцерин, 30  | 11 г/л.           | —  | [22]       |
|                  | <i>Wickerhamomyces anomalus</i>            | глюкоза, 10 + відпрацьована олія, 5 (після смаження картоплі, риби та м'яса)        | 0,62 г/л          | глюкоза — 103                                      | [23]       |
|                  | <i>Yarrowia lipolytica</i> JMY4086         | меляса, 245 + технічний гліцерин, 100**   | 16 г/л            | —  | [24]       |
|                  | <i>Yarrowia lipolytica</i> SM7             | технічний гліцерин, 40 + оливкова олія, 5 (% мас)                                   | 6,13 г/л          | гліцерин — 117                                     | [32]       |
| Пулулан          | <i>Aureobasidium pululans</i> 201253       | крохмаль, 80 + сахароза, 20   | 55 г/л            | крохмаль — 157<br>сахароза — 79                    | [25]       |
| Протеаза         | <i>Aspergillus oryzae</i> TISTR 3087       | залишки соєвих бобів + відварений рис (концентрація вуглеводів 19,6 мг/г субстрату) | 33 од/г           | соєві боби — 1170                                  | [31]       |

| 1                     | 2  | 3  | 4           | 5   | 6    |
|-----------------------|--|--|-------------|---|------|
| Ліпаза                | <i>Yarrowia lipolytica</i> SM7                             | технічний гліцерин, 40 + соєва олія, 5 (% мас)   | 22,45 од/мл | гліцерин — 560                                | [32] |
| Біоетанол             | <i>Enterobacter aerogenes</i> ATCC 29007                   | манітолу, 16 + гліцерин, 20  | 32,1 г/л    | гліцерин — 617                                | [41] |
| Біоводень             | <i>Thermoanaerobacterium thermosaccharolyticum</i> KКУ-ED1 | ксилоза, 5 + арабіноза, 5  | 3,5 л/л,    | ксилоза — 249<br>арабіноза — 193              | [42] |
|                       | Консорціум мікроорганізмів                                 | технічний гліцерин, 15 + жмих від виробництва пальмової олії, 2 (% мас)                            | 0,27 л/л    | гліцерин — 540                                | [43] |
| Молочна кислота       | <i>Lactobacillus casei</i> CICC 6106                       | жмих софори жовтуватої ( <i>Sophora flavescens</i> ) 4 (% мас) + змішані харчові відходи 6 (% мас) | 48,4 г/л    | жмих софори — 480<br>харчові відходи — 133    | [34] |
| Пропіонова кислота    | <i>Propionibacterium acidipropionici</i> CGMCC1.2225       | гліцерин, 3,2 % + глюкоза, 0,8 % (об'ємна частка)  | 21,9 г/л    | гліцерин — 121<br>глюкоза — 190               | [35] |
| Лимонна кислота       | <i>Yarrowia lipolytica</i> SM7                             | технічний гліцерин, 40 + оливкова олія, 5% (об'ємна частка)  | 2,3 г/л     | гліцерин — 192                                | [32] |
| Пропандіол            | <i>Klebsiella pneumoniae</i> BA11                          | гліцерин, 6% + глюкоза, 0,6% (об'ємна частка)  | 9,3 г/л     | гліцерин — 112<br>глюкоза — 930               | [39] |
| Полігидрокси-алканоат | <i>Cupriavidus</i> sp. USMAA1020                           | 1,4-бутандіол, 0,5 % + 1,6-гександіол, 0,2 (% мас)   | 5,4 г/л     | 1,4-бутан діол — 340<br>1,6-гексан діол — 675 | [28] |

**Примітки:** \*контроль (100%) — показники синтезу на моносубстратах; \*\* — кінцева концентрація субстрату; «—» — дані не наведено.

### Висновок

Отже, представлені результати показують доцільність використання суміші ростових субстратів для підвищення синтезу практично важливих

мікробних метаболітів, а також засвідчують необхідність правильного вибору субстратів і коректного визначення молярного співвідношення їх концентрацій для забезпечення максимальної інтенсифікації процесу.

### Література

1. Erickson B., Nelson J., Winters P. Perspective on opportunities in industrial biotechnology in renewable chemicals. *Biotechnol. J.* 2012, 7(2), 176—185. doi: 10.1002/biot.201100069.
2. Pidhorskyy V., Iutynska G., Pirog T. Intensification of microbial synthesis technologies. К.: Nauk. Dumka, 2010. 327 p. Ukrainian.
3. Pirog T.P., Shulyakova M.A., Shevchuk T.A. Mixed substrates in environment and biotechnological processes. *Biotechnologia Acta.* 2013, 6 (6), 2844. doi: 10.15407/biotech6.06.028. Ukrainian.
4. Vedaraman N., Venkatesh N. The effect of medium composition on the production of sophorolipids and the tensiometric properties by *Starmerella bombicola* MTCC 1910. *Pol. J. Chem.* 2010. 12(2), 9—13. doi:10.2478/v10026-010-0011-4.
5. Joshi-Navare K., Singh P.K., Prabhune A.A. New yeast isolate *Pichia caribbica* synthesizes xylolipid biosurfactant with enhanced functionality. *Eur. J Lipid Sci. Technol.* 2014. 116(8), 1070-1079. doi:10.1002/ejlt.201300363.
6. Ma X., Li H., Song X. Surface and biological activity of sophorolipid molecules produced by *Wickerhamiella domercqiae* var. *sophorolipid* CGMCC 1576. *J. Colloid Interface Sci.* 2012. 376(1), 165—172. doi:10.1016/j.jcis.2012.03.007.
7. Faria N. T., Santos M. V., Fernandes P., Fonseca L. L., Fonseca C., Ferreira F. C. Production of glycolipid biosurfactants, mannosylerythritol lipids, from pentoses and D-glucose/D-xylose mixtures by *Pseudozyma* yeast strains. *Process Biochem.* 2014. 49(11), 1790—1799. doi:10.1016/j.procbio.2014.08.004.
8. Souza, K.S.T., Gudiña, E.J., Azevedo, Z., de Freitas, V., Schwan, R.F., Rodrigues, L.R., Teixeira, J.A. New glycolipid biosurfactants produced by the yeast strain *Wickerhamomyces anomalus* CCMA 0358. *Colloids Surf. B: Biointerfaces.* 2017, 154, 373—382. doi:10.1016/j.colsurfb.2017.03.041.
9. Karpenko I., Midyana G., Karpenko O., Novikov V. Influence of food industry wastes as substrates on the yield of biosurfactants of the strain *Pseudomonas* sp. PS-17. *Ecol. Eng. Environ. Protec.* 2016, 6, 44—51.
10. Rashad M.M., Nooman M.U., Ali M.M., Al-Kashe, A.S., Mahmoud, A.E. Production, characterization and anticancer activity of *Candida bombicola* sophorolipids by means of solid state fermentation of sunflower oil cake and soybean oil. *Grasas Aceites.* 2014, 65(2). doi: http://dx.doi.org/10.3989/gya.098413.
11. Rashad M.M., Al-Kashef A.S., Nooman M.U., El-din-Mahmoud A.E. Co-utilization of motor oil waste and sunflower oil cake on the production of new sophorolipids by *Candida bombicola* NRRL Y-17069. *Res. J. Pharm. Biol. Chem. Sci.* 2014, 5(4), 1515—1528.
12. Daverey A., Pakshirajan K. Sophorolipids from *Candida bombicola* using mixed hydrophilic substrates: production, purification and characterization. *Colloids Surf. B. Biointerfaces.* 2010, 79(1), 246—253. doi:10.1016/j.colsurfb.2010.04.002.
13. Maheshwari N., Kumar M., Thakur I.S., Srivastava S. Recycling of carbon dioxide by free air CO<sub>2</sub> enriched (FACE) *Bacillus* sp. SS105 for enhanced production and optimization of biosurfactant. *Bioresour. Technol.* 2017, 242, 2—6. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2017.-03.124.
14. Pirog T., Shevchuk T., Beregova K., Kudrya N. Intensification of surfactants synthesis under cultivation *Nocardia vaccinii* IMV B-7405 on a mixture of glucose and glycerol. *Biotechnologia Acta.* 2015, 8 (6), 23—31. doi: 10.15407/biotech8.06.023.
15. Pirog T.P., Kudrya N.V., Shevchuk T.A., Beregova K.A., Iutynska G.O. Bioconversion of crude glycerole and molasses mixture in biosurfactants of *Nocardia vaccinii* IMB B-7405. *Mikrobiol. Z.* 2015, 77(3), 28—35. Russian. doi: https://doi.org/10.15407/microbiolj77.03.028.

16. Feng X., Walker T.H., Bridges W.C., Thornton C., Gopalakrishnan K. Biomass and lipid production of *Chlorella protothecoides* under heterotrophic cultivation on a mixed waste substrate of brewer fermentation and crude glycerol. *Bioresour. Technol.* 2014, 166, 17—23. doi: 10.1016/j.biortech.2014.03.120.
17. Martín M.A., Fernández R., Serrano A., Siles J.A. Semi-continuous anaerobic co-digestion of orange peel waste and residual glycerol derived from biodiesel manufacturing. *Waste Manag.* 2013, 33(7), 1633—1639. doi: 10.1016/j.wasman.2013.03.027.
18. Louhasakul Y., Cheirsilp B. Industrial waste utilization for low-cost production of raw material oil through microbial fermentation. *Appl. Biochem. Biotechnol.* 2013, 169(1), 110—122.
19. Liu J., Yuan M., Liu J.N., Huang, X.F. Bioconversion of mixed volatile fatty acids into microbial lipids by *Cryptococcus curvatus* ATCC 20509. *Bioresour. Technol.* 2017. 241, 645—651. doi: 10.1016/j.biortech.2017.05.085.
20. Liu J., Yuan M., Liu J.N., Lu L.J., Peng K.M., Huang X.F. Microbial conversion of mixed volatile fatty acids into microbial lipids by sequencing batch culture strategy. *Bioresour. Technol.* 2016, 222, 75—81. doi: 10.1016/j.biortech.2016.09.100.
21. Ganatsios V., Koutinas A.A., Bekatorou A., Panagopoulou, V., Banat I.M., Terpou A. Kopsahelis N. Porous cellulose as promoter of oil production by the oleaginous yeast *Lipomyces starkeyi* using mixed agroindustrial wastes. *Bioresour. Technol.* 2017, 244, 629—634. doi: 10.1016/j.biortech.2017.07.163.
22. Bommareddy R.R., Sabra W., Zeng A.P. Glucose-mediated regulation of glycerol uptake in *Rhodospiridium toruloides*: insights through transcriptomic analysis on dual substrate fermentation. *Engineering in Life Sciences.* 2017, 17(3), 282—291. <https://doi.org/10.1002/elsc.201600010>.
23. Arous F., Atitallah I.B., Nasri M., Mechichi T. A sustainable use of low-cost raw substrates for biodiesel production by the oleaginous yeast *Wickerhamomyces anomalus*. *3 Biotech.* 2017, 7(4):268. doi: 10.1007/s13205-017-0903-6.
24. Rakicka M., Lazar Z., Dulermo T., Fickers P., Nicaud J.M. Lipid production by the oleaginous yeast *Yarrowia lipolytica* using industrial by-products under different culture conditions. *Biotechnol. Biofuels.* 2015, 8:104. doi: 10.1186/s13068-015-0286-z.
25. An C., Ma S.J., Chang F., Xue W.J. Efficient production of pullulan by *Aureobasidium pullulans* grown on mixtures of potato starch hydrolysate and sucrose. *Braz. J. Microbiol.* 2017, 48(1), 180—185. doi: 10.1016/j.bjm.2016.11.001.
26. Xu Y., Coda R., Shi Q., Tuomainen P., Katina K., Tenkanen M. Exopolysaccharides production during the fermentation of soybean and fava bean flours by *Leuconostoc mesenteroides* DSM 20343. *J. Agric. Food Chem.* 2017, 65(13), 2805—2815. doi: 10.1021/acs.jafc.6b05495.
27. Pirog T.P., Voronenko A.A., Ivakhniuk M.O. Intensification of microbial exopolysaccharide ethapolan biosynthesis on mixture of molasses and sunflower oil. *Biotechnologia Acta*, 2017, V. 10, N 4. C. 25—33. <https://doi.org/10.15407/biotech10.04.025>.
28. Huong K., Mohd Yahya A.R., Amirul A.A. Pronounced synergistic influence of mixed substrate cultivation on single step copolymer P(3HB-co-4HB) biosynthesis with a wide range of 4HB monomer composition. *J. Chem. Technol. Biotechnol.* 2014. 89(7), 1023—1129. <https://doi.org/10.1002/jctb.4195>
29. Huong K.H., Kannusamy S., Lim S.Y., Amirul A.A. Biosynthetic enhancement of single-stage Poly(3-hydroxybutyrate-co-4-hydroxybutyrate) production by manipulating the substrate mixtures. *J. Ind. Microbiol. Biotechnol.* 2015, 42(9), 1291—1297. doi: 10.1007/s10295-015-1657-y.
30. Syafiq I.M., Huong K.H., Shantini K. Synthesis of high 4-hydroxybutyrate copolymer by *Cupriavidus* sp. transformants using one-stage cultivation and mixed precursor substrates strategy. *Enzyme Microb. Technol.* 2017, 98, 1—8. doi: 10.1016/j.enzmtec.2016.11.011.
31. Salakkam A., Kingpho Y., Najunhom S., Aiamsonthi K., Kaewlao S., Reungsang A. Bioconversion of soybean residue for use as alternative nutrient source for ethanol fermentation. *Biochem. Eng. J.* 2017, 125, 65—72. <https://doi.org/10.1016/j.bej.2017.05.020>.

32. Magdouli S., Guedri T., Tarek R., Brar S.K., Blais J.F. Valorization of raw glycerol and crustacean waste into value added products by *Yarrowia lipolytica*. *Bioresour. Technol.* 2017, 243, 57—68. doi: 10.1016/j.biortech.2017.06.074.
33. Kumari A., Satyanarayana T., Singh B. Mixed substrate fermentation for enhanced phytase production by thermophilic mould *Sporotrichum thermophile* and its application in beneficiation of poultry feed. *Appl. Biochem. Biotechnol.* 2016, 178(1), 197—210. doi: 10.1007/s12010-015-1868-8.
34. Zheng J., Gao M., Wang Q., Wang J., Sun X., Chang Q., & Tashiro Y. Enhancement of l-lactic acid production via synergism in open co-fermentation of *Sophora flavescens* residues and food waste. *Bioresour. Technol.* 2017, 225, 159—164. doi: 10.1016/j.biortech.2016.11.055.
35. Liu Y.G., Zhang R.B., Zhang F., Zhang J. Zhu J. Glycerol/glucose co-fermentation: one more proficient process to produce propionic acid by *Propionibacterium acidipropionici*. *Curr. Microbiol.* 2011, 62(1), 152—158. doi: 10.1007/s00284-010-9683-5.
36. Cao W., Liu B., Luo J., Yin J., Wan Y.  $\alpha$ ,  $\omega$ -Dodecanedioic acid production by *Candida viswanathii* ipe-1 with co-utilization of wheat straw hydrolysates and n-dodecane. *Bioresour. Technol.* 2017, 243, 179—187. doi: 10.1016/j.biortech.2017.06.082.
37. Podleśny M., Jarocki P., Wyrostek J., Czernecki T., Kucharska J., Nowak A., Targoński Z. *Enterobacter* sp. LU1 as a novel succinic acid producer — co-utilization of glycerol and lactose. *Microb. Biotechnol.* 2017, 10(2), 492—501. doi: 10.1111/1751-7915.12458.
38. Kowalczyk S., Komoń-Janczara E., Glibowska A., Kuzdrański A., Czernecki T., Targoński Z. A co-utilization strategy to consume glycerol and monosaccharides by *Rhizopus* strains for fumaric acid production. *AMB Express*. 2018, 8(1):69, doi: 10.1186/s13568-018-0601-8.
39. Sen B., Dabir A.P., Lanjekar V.B., Ranade D.R. Isolation and partial characterization of a new strain of *Klebsiella pneumoniae* capable of high 1,3 propanediol production from glycerol. *Global J. Environ. Sci. Manage.* 2015, 1(2), 99—108. doi: 10.7508/gjesm.2015.02.001.
40. Xin B., Wang Y., Tao F., Li L., Ma C., Xu P. Co-utilization of glycerol and lignocellulosic hydrolysates enhances anaerobic 1,3-propanediol production by *Clostridium diolis*. *Sci. Rep.* 2016, 6. doi: 10.1038/srep19044.
41. Thap L.P., Le S.J., Yang X.G., Yoo H.Y., Kim S.B., Park C., Kim S.W. Co-fermentation of carbon sources by *Enterobacter aerogenes* ATCC 29007 to enhance the production of bioethanol. *Bioprocess. Biosyst. Eng.* 2014, 37(6), 1073—1084. doi: 10.1007/s00449-013-1079-z.
42. Saripan A.F., Reungsang A. Biohydrogen production by *Thermoanaerobacterium thermosaccharolyticum* KKU-ED1: Culture conditions optimization using mixed xylose/arabinose as substrate. *Electronic J. Biotechnol.* 2013, 16(1), doi: 10.2225/vol16-issue1-fulltext-1.
43. Kanchanasuta S., Pisutpaisal N. Improvement of glycerol waste utilization by co-feedstock with palm oil decanter cake on biohydrogen fermentation. *Int. J. Hydrogen Energ.* 2017, 42(5), 3447—3453. doi:10.1016/j.ijhydene.2016.12.134.



## THE REASERCH OF THE DRY CHICKEN MANURE METHANOGENESIS STABLILITY IN SOLID-PHASE CONDITIONS

Ye. Shapovalov

*National Center "Junior Academy of Sciences of Ukraine"*

A. Salyuk, A. Kotynsky

*National University of Food Technologies*

---

**Key words:**

*Methanogenesis*  
*Methane fermentation*  
*Chicken manure*  
*Adaptation*  
*Biogas production*  
*Dry fermentation*

---

**Article history:**

Received 09.07.2018  
 Received in revised form  
 26.07.2018  
 Accepted 21.08.2018

---

**Corresponding author:**

Ye. Shapovalov  
**E-mail:**  
 npnuht@ukr.net

---

**ABSTRACT**

Lack of government standards for fertilizers formed in the methane fermentation process and seasonal functioning of the agricultural sector provide the problem of excess quantities of biofertilizer formation under methanogenesis, that limits its spread. Regulation of their production is possible by conducting dry fermentation or recycling of liquid phase. The paper is devoted to the study of the features of the methane fermentation of chicken manure at high concentrations of dry matter.

The studies were conducted in batch mode thirteen times at humidity of 78, 80, 82 and 84%. To assess the effectiveness of methanogenesis, production of biogas and methane, the concentration of dry matter, dry organic matter, ammonia, volatile fatty acids were measured. The biogas output varied from 294 to 331 cm<sup>3</sup>/g TS, and methane — from 181 to 208 cm<sup>3</sup>/g TS in mesophilic conditions. Production of biogas under thermophilic conditions was lower than under mesophilic ones, and it varied from 174.6 to 316 cm<sup>3</sup>/g TS and methane from 105.3 to 183.2 cm<sup>3</sup>/g TS. There was no correlation between methane content in biogas and humidity. The content of methane in the produced gas under mesophilic conditions ranged from 61.7 to 62.9%, and under the thermophile conditions from 57.9 to 60.29%. In general, the mesophilic mode was characterized by better performance. The statistical analysis proved a significant difference in the production of biogas, methane and the proportion of methane between the mesophilic and the thermophilic mode at a humidity of 78, 80, and 84%. The coefficient of variation of methane production varied from 14.84% to 35.17% in mesophilic mode and from 14.4% to 78.21% in thermophilic mode. The moisture content had a much greater effect on the stability of the process in the thermophilic regime than in the mesophilic ones. The content of ammonium nitrogen at the end of fermentation was in the range of 599 mg/l to 4277 mg/l. In general, the content of ammonia under thermophilic conditions (from 599 to 3214 mg/l) was lower than under mesophilic ones (from 2171 to 4277 mg/l).

The content of volatile fatty acids was in the range from 0.81 to 15.9 g/l in the thermophilic mode and from 0.58 to 2.68 g/l in mesophilic mode.

---

**DOI:** 10.24263/2225-2924-2018-24-4-7

## ДОСЛІДЖЕННЯ СТАБІЛЬНОСТІ МЕТАНОГЕНЕЗУ КУРЯЧОГО ПОСЛІДУ У ТВЕРДОФАЗОВИХ УМОВАХ

Є.Б. Шаповалов

Національний центр «Мала академія наук України»

А.І. Салюк, А.В. Котинський

Національний університет харчових технологій

*В умовах відсутності державних стандартів щодо добрив, утворених у процесі метанової ферментації, та сезонності функціонування аграрного сектору виникає проблема утворення надмірної кількості стоків після метаногенезу, що обмежує його поширення. Регулювання кількості утворення стоків можливе шляхом проведення твердофазової ферментації або рециркуляції рідкої фази. Стаття присвячена дослідженню особливостей процесу метанової ферментації курячого посліду за високих концентрацій сухих речовин.*

*Дослідження проводили в періодичному режимі у тринадцятикратній повторності при вологостях 78, 80, 82 та 84%. Для оцінки ефективності метаногенезу вимірювали виробництво біогазу та метану, концентрацію сухих речовин, сухих органічних речовин, амонійного Нітрогену, летких жирних кислот. Вихід біогазу варіювався від 294 до 331 см<sup>3</sup>/г СОР, а метану — від 181 до 208 см<sup>3</sup>/г СОР у мезофільних умовах. Виробництво біогазу у термофільних умовах було меншим, ніж у мезофільних, та варіювалось від 174,6 до 316 см<sup>3</sup>/г СОР, а метану — від 105,3 до 183,2 см<sup>3</sup>/г СОР. Залежності між вмістом метану у біогазі та вологістю не спостерігалось. Вміст метану у виробленому газі у мезофільних умовах варіювався від 61,7 до 62,9%, а у термофільному — від 57,9 до 60,29%. Загалом мезофільний режим характеризувався кращими показниками. Статистичний аналіз вказував на значиму різницю за виробництвом біогазу, метану та часткою метану між мезофільним і термофільним режимом при вологості 78, 80 та 84%. Коефіцієнт варіації виробництва метану варіювався від 14,84% до 35,17% у мезофільному режимі та від 14,4% до 78,21% у термофільному режимі. Вміст води мав значно більший вплив на стабільність процесу у термофільному режимі, ніж у мезофільному режимі. Вміст амонійного Нітрогену наприкінці ферментації був в межах від 599 мг/л до 4277 мг/л. В загальному, вміст амонійного Нітрогену у термофільних умовах (від 599 до 3214 мг/л) був нижчим, ніж у мезофільних (від 2171 до 4277 мг/л).*

*Вміст ЛЖК знаходився в межах від 0,81 до 15,9 г/л у термофільному режимі та від 0,58 до 2,68 г/л у мезофільному режимі.*

**Ключові слова:** метаногенез, метанова ферментація, курячий послід, адаптація, біогаз, твердофазова ферментація.

**Постановка проблеми.** Відповідно до європейських тенденцій при поводженні з відходами [7], вони першочергово повинні утилізуватись з виробництвом енергії. Такий підхід може бути забезпечений шляхом метанової

ферментації. Окрім того, стоки з біогазової установки є високоякісним органо-мінеральним добривом. З іншої боку, в умовах відсутності державних стандартів щодо цього виду добрив і сезонності функціонування аграрного сектору, виникає проблема утворення надмірної кількості стоків [2; 13]. Регулювання їх кількості можливе шляхом проведення твердофазової ферментації або рециркуляції рідкої фази. Однак при застосуванні даних методів для відходів птахівництва можуть виникнути проблеми з накопиченням інгібіторів, головним чином амонійного Нітрогену. Попередні дослідження твердофазової ферментації, що проводились на органічній складовій твердих побутових відходів, вказували на існування ряду переваг твердофазової ферментації, зокрема зменшення розмірів біогазової установки, зниження вартості експлуатаційних витрат та вищий об'ємний вихід метану [10; 16]. Твердофазова ферментація курячого посліду є недостатньо дослідженою та актуальною.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Метанову ферментацію за вмістом вологи поділяють на твердофазова та рідкофазова. Це пов'язано з тим, що при певному вмісті вологи субстрат втрачає текучість. Загальноприйнятої межі розподілу на твердофазова та рідкофазова ферментацію не існує. Однак багато авторів визначають цю межу рівною 85% [7; 11].

Результати наших попередніх досліджень вказували на можливість проведення твердофазової ферментації курячого посліду, однак вона характеризувалась значно нижчими показниками продуктивності, ніж рідкофазова. Деякі повторності твердофазової ферментації характеризувались значно вищим виходом біогазу та метану від середнього значення, що може свідчити про можливість метаногенного консорціуму до адаптації [1; 15; 16].

Інші автори, що проводили експериментальні дослідження в умовах твердофазової ферментації, отримали різні результати виробництва біогазу та метану (табл. 1). Це, ймовірно, також пов'язано з можливістю метаногенного консорціуму до адаптації.

*Таблиця 1. Результати попередніх досліджень твердофазової ферментації*

| Автор             | Вологість, % | Температура, °С | Виробництво метану, см <sup>3</sup> /г СОР | Вміст амонію, г/л | Вміст ЛЖК, г/л | Період дослідження/гідравлічний час утримання |
|-------------------|--------------|-----------------|--|-------------------|----------------|---|
| 1                 | 2            | 3               | 4  | 5                 | 6              | 7   |
| Салюк [1; 15; 16] | 84           | 35              | 72   | 4,96              | 0,39           | 50  |
| Салюк [1]         | 84           | 50              | 113  | 2,12              | 2,37           | 50  |
| Сінкора [17]      | 77           | 38              | 247  | 1,35—2            | —              | 32  |
| Раджагопал [14]   | 70           | 20              | 162  | —                 | —              | Безперервний, 26 діб                          |
| Абулянін [3]      | 77.5         | 37              | 5  | 7                 | —              | До припинення виробництва, близько 38 діб     |
| Абулянін [8]      | 80           | 35              | 139,6                                      | 2,1               | 6,1            | 40  |
| Абулянін [8]      | 80           | 55              | 129  | 3,99              | 17,2           | 40  |
| Абулянін [4]      | 75           | 35              | 8,2  | 16                | 72             | 8   |
| Абулянін [4]      | 75           | 45              | 8,2  | 16                | 72             | 8   |

| 1            | 2  | 3      | 4    | 5    | 6   | 7  |
|--------------|----|--------|------|------|-----|--|
| Абулянін [4] | 75 | 55, 65 | 0    | 16   | 48  | 8  |
| Маркау [12]  | 85 | 35     | 117  | 8    | 6,5 | Напівбезперевний,<br>30 діб час<br>обороти, 2<br>обороти |
| Маркау [12]  | 80 | 35     | 51   | 10   | 16  | Напівбезперевний,<br>30 діб час<br>обороти, 2<br>обороти |
| Фероу [8]    | 80 | 35     | 140  | 10,2 | —   | 65   |
| Фероу [5; 8] | 80 | 35     | 470* | 2,46 | —   | 35   |

\*виробництво біогазу

**Метою дослідження** є виявлення особливостей метаногенезу курячого посліду за умов твердофазової ферментації.

**Матеріали і методи.** Дослідження проводили у пластикових реакторах загальним об'ємом 50 мл у тринадцятикратній повторності. У реакторі розміщали 20 г субстрату з часткою активного мулу 10%. Вологість субстрату становила 78%, 80%, 82% та 84%. Для розбавлення до необхідної вологості використовували водопровідну воду. Реактори розміщувались у сухоповітряному термостаті (ТС 80 М2, Росія), що підтримував температуру 35°C для реакторів, що працювали у мезофільному режимі, та 50°C — для реакторів, що працювали у термофільному режимі. Експеримент проводили у періодичному режимі протягом 160 діб.

Вихід біогазу визначали щоденно, а вміст метану визначали в міру накопичення необхідної кількості біогазу для аналізу. Концентрацію СР, сухих органічних речовин (СОР), амонійного Нітрогену, вільного аміаку, легких жирних кислот, вільних легких жирних кислот субстрату різної вологості визначали на початку і в кінці кожного експерименту. Для статистичної обробки результатів застосовували t-test і тест Манна-Уїтні.

**Результати і обговорення.** У мезофільних умовах виробництво біогазу з одиниці маси було практично однаковим за всіх вологостей. Вихід біогазу варіювався від 294 до 331 см<sup>3</sup>/г СОР, а метану — від 181 до 208 см<sup>3</sup>/г СОР. У мезофільному режимі максимальний вихід біогазу з одиниці маси спостерігався при вологості субстрату 84%. Виробництво метану з одиниці маси у мезофільних умовах показано на рис. 1.

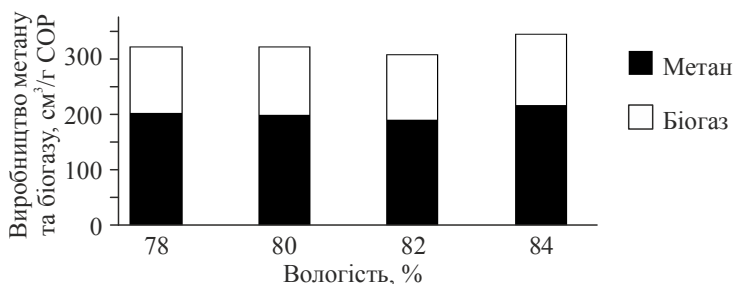


Рис. 1. Виробництво метану з одиниці маси у мезофільних умовах

Виробництво біогазу у нашому попередньому дослідженні при твердофазовій ферментації варіювалось від 66,2 до 175 см<sup>3</sup>/г СОР, а метану — від 11,9 до 72 см<sup>3</sup>/г СОР у мезофільних умовах. Максимальний вихід біогазу та метану з одиниці маси був при вологості 84%, що відповідає результатам даного дослідження. Тож виробництво біогазу та метану характеризувалось вищими показниками, ніж у попередньому дослідженні [1].

Інші автори, що проводили дослідження метаногенезу курячого посліду в умовах твердофазової ферментації у мезофільному режимі отримали виробництво метану від 5 до 247 см<sup>3</sup>/г СОР. Найбільший вихід метану спостерігався у дослідженні Камерона Сінкори і співавт. при 38°C, що є вищим, ніж результати дослідження [16].

Виробництво біогазу в термофільних умовах варіювалось від 174,6 до 316 см<sup>3</sup>/г СОР, а метану — від 105,3 до 183,2 см<sup>3</sup>/г СОР. У термофільному режимі максимальний вихід біогазу з одиниці маси був при вологості субстрату 82%. Імовірно, у зв'язку з нестабільністю процесу у цьому дослідженні, спостерігалась тенденція до зростання виробництва біогазу при зростанні вологості лише в діапазоні вологостей 78—82% (рис. 3).

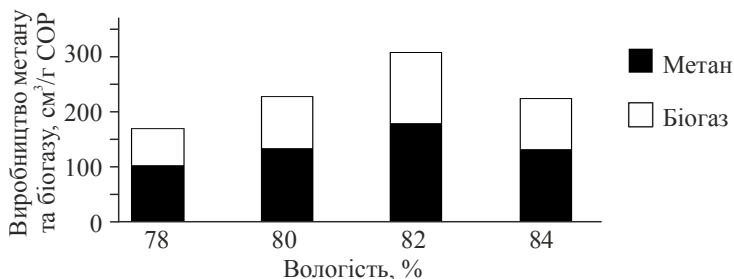


Рис. 2. Виробництво метану з одиниці маси у термофільних умовах

У термофільному режимі у попередніх дослідженнях виробництво біогазу варіювалось від 10 до 230,3 см<sup>3</sup>/г СОР, а метану — від 1 до 113 см<sup>3</sup>/г СОР. Максимальний вихід метану та біогазу був характерний для вологості 84%.

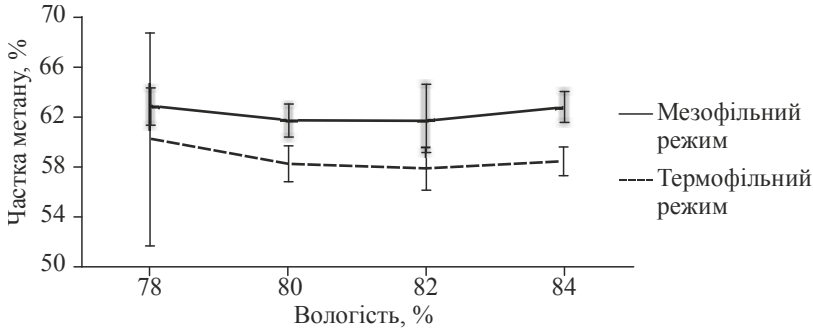
Виробництво метану в термофільному режимі було вищим, ніж у попередніх дослідженнях, що пов'язано з більшим періодом проведення процесу. Найвищі показники виробництва метану були отримані Абуляніном та співавт. Так, у їхньому дослідженні виробництво метану при вмісті сухих речовин 20% при 55°C становило 139,6 см<sup>3</sup>/г СОР [7].

Ефективність метаногенезу у цьому дослідженні зростала зі збільшенням вмісту води, а вплив вологості на метаногенез у термофільному режимі значно більший, що відповідало результатам попереднього дослідження.

Статистичні результати вказують на значиму різницю за виробництвом біогазу та метану між мезофільним і термофільним режимом при вологості 78 (показник Мана-Уїтні,  $P = 0,003$  та показник Мана-Уїтні,  $P = <0,001$ , відповідно), 80 (показник Мана-Уїтні,  $P = 0,002$  та t-тест,  $P = 0,002$ , відповідно) та 84% (показник Мана-Уїтні,  $P = 0,001$  та показник Мана-Уїтні,  $P = <0,001$  відповідно). Виробництво біогазу та метану при вологості 82% не характеризувалось значимою різницею між мезофільних та термофільних

умовах (показник Мана-Уїтні,  $P = 1,000$  та показник Мана-Уїтні,  $P = 0,259$  відповідно).

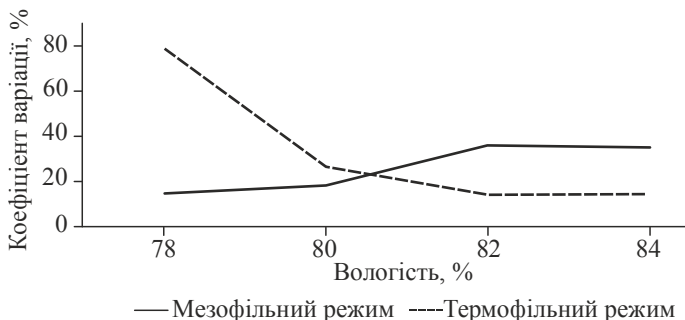
Залежності між вмістом метану у біогазі та вологістю не спостерігалось. Вміст метану у виробленому газі у мезофільних умовах варіювався від 61,7 до 62,9%, а у термофільному — від 57,9 до 60,29%. Відношення виробленого метану до біогазу при вологості 78—84% субстрату в мезофільному і термофільному режимі представлено на рис. 3.



**Рис. 3. Відношення виробленого метану до біогазу при вологості субстрату 78—84% в мезофільному і термофільному режимі**

Статистичні результати вказують на значиму різницю між мезофільним і термофільним режимом за часткою метану при вологості 78 (показник Мана-Уїтні,  $P = <0,001$ ), 80 ( $t$ -тест,  $P = <0,001$ ) та 84% ( $t$ -тест,  $P = 0,008$ ). Частка метану при вологості 82% не характеризувалась значимою різницею між мезофільними і термофільними умовами ( $t$ -тест,  $P = 0,077$ ).

Для порівняння стабільності процесу було проведено статистичну обробку результатів та використано коефіцієнт варіації виробництва метану для оцінки стабільності процесу. Коефіцієнт варіації виробництва метану варіювався від 14,84% до 35,17% у мезофільному режимі та від 14,4% до 78,21% у термофільному режимі. Доцільно зазначити, що вміст вологи мав значно більший вплив на стабільність процесу у термофільному режимі, ніж у мезофільному режимі. Коефіцієнт варіації виробництва метану у мезофільному та термофільному режимі представлено на рис. 4.



**Рис. 4. Коефіцієнт варіації виробництва метану в мезофільному і термофільному режимі**

Отже, процес був нестабільним як у термофільних, так і у мезофільних умовах. Окрім того, для виробництва метану та біогазу нормальний розподіл значень не був характерним, що також свідчить про низьку стабільність процесу. Тож твердофазову ферментацію курячого посліду недоцільно застосовувати для зниження водоспоживання при утилізації відходів птахівництва

*Зміни у субстраті.* Вміст амонійного Нітрогену наприкінці ферментації був в межах від 599 мг/л до 4277 мг/л. Загалом, вміст амонійного Нітрогену в термофільних умовах (від 599 до 3214 мг/л) був нижчим, ніж у мезофільних (від 2171 до 4277 мг/л).

Вміст ЛЖК знаходився в межах від 0,81 до 15,9 г/л у термофільному режимі та від 0,58 до 2,68 г/л у мезофільному режимі. Тобто вміст ЛЖК був вищим у термофільних умовах. Залежності між вмістом ЛЖК та ефективністю метаногенезу не виявлено.

### Висновки

1. Вперше детально досліджено твердофазову ферментацію курячого посліду.

2. Максимальний вихід біогазу та метану спостерігався у мезофільному режимі при вологості субстрату 84% і становив 331 см<sup>3</sup>/г СОР та 208 см<sup>3</sup>/г СОР, відповідно, за повний період дослідження.

3. Процес є досить нестабільним як у термофільних, так і мезофільних умовах. У термофільному режимі процес є більш нестабільним, а його стабільність різко знижувалась зі зменшенням вологості. У мезофільному — такої тенденції не простежувалось.

4. Підтверджено, що ефективність процесу зростала зі зростанням вмісту вологи; термофільний режим характеризувався більшою залежністю від вмісту вологи.

5. Твердофазову ферментацію курячого посліду недоцільно застосовувати для зниження водоспоживання при утилізації відходів птахівництва

### Література

1. Влияние водопотребления на эффективность метанового брожения куриного помета / А.И. Салюк, С.А. Жадан, Е.Б. Шаповалов, Р.А. Тарасенко // International Scientific Journal for Alternative Energy and Ecology (ISJAEE). — 2015. — № 15—16. — С. 53—58.
2. Якушко С.И. Выбор технологических режимов в установках для производства биогаза / С.И. Якушко // Вісник СумДУ. — 2006. — № 5(89). — С. 102—108.
3. Abouelenien F. Dry mesophilic fermentation of chicken manure for production of methane by repeated batch culture / F. Abouelenien, Y. Nakashimada, N. Nishio // Journal of Bioscience and Bioengineering. — 2009. — № 3. — С. 293—295.
4. Abouelenien F. Dry anaerobic ammonia—methane production from chicken manure / Fatma Abouelenien // Appl Microbiol Biotechnol. — 2009. — № 82. — С. 757—764.
5. Anaerobic Digestion of Poultry Manure: Process Optimization Employing Struvite Precipitation and Novel Digestion Technologies / C. Farrow, A. Crolla, C. Kinsley, E. McBean. // Environmental Progress & Sustainable Energy. — 2016. — С. 1—10.
6. Different aspects of dry anaerobic digestion for bio-energy: An overview / [R. Kothari, A. K. Pandey, S. Kumar та ін.]. // Renewable and Sustainable Energy Reviews. — 2014. — № 39. — С. 175—192.

7. Directive 2008/98/EC [Електронний ресурс] // eur-lex. — 2008 [Електронний ресурс]. — Режим доступу : <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/En/TXT/?uri=celex:32008L0098>.
8. Dry Co-Digestion of Poultry Manure with Agriculture Wastes / F.Abouelenien, Y. Namba, N. Nishio, Y. Nakashimada // Appl Biochem Biotechnol. — 2015. — № 2015.
9. Farrow C. Anaerobic Digestion of Poultry Manure : дис. канд. / Farrow Cameron — Guelph, Ontario, Canada, 2016. — 144 с.
10. Karaalp D., Caliskan G., Azbar N. Performance evaluation of a biogas reactor processing chicken manure with high solids content: digital proceeding of the ICOEST Cappadocia 2013. Nevsehir, Turkey, June 18—21, 2013. — P. 768—773.
11. Li Y. Solid-state anaerobic digestion for methane production from organic waste / Y. Li, S. Park, J. Zhu. // Renewable and Sustainable Energy Reviews. — 2011. — № 15. — С. 821—826.
12. Markou G. Improved anaerobic digestion performance and biogas production from poultry litter after lowering its nitrogen content/Giorgos Markou. // Environmental Progress & Sustainable Energy. — 2015.
13. Mono-fermentation of chicken manure: Ammonia inhibition and recirculation of the digestate / H. Nie, H. Jacobi, K. Strach [et. al.] // Bioresource Technology. — 2015. — № 178. — P. 238—246.
14. Rajagopal, R., Start-up of dry anaerobic digestion system for processing solid poultry litter using adapted liquid inoculum, Process Safety and Environment Protection (2016), <http://dx.doi.org/10.1016/j.psep.2016.05.003>.
15. Salyuk A. Thermophilic methane digestion of chicken manure / A. Salyuk, S. Zhadan, E. Shapovalov // Ukrainian Food Journal. — 2014. — Vol. 3(4). — P. 587—594.
16. Salyuk A. Thermophilic methane fermentation of chicken manure in a wide range of substrate moisture contents / A. Salyuk, S. Zhadan, E. Shapovalov. // Journal of Food and Packaging Science, Technique and Technologies. — 2015. — Vol. 4(7). — P. 36—40.
17. Šinkora M. Monitoring of dry anaerobic fermentation in experimental facility with use of biofilm reactor / M. Šinkora, M. Havlíček. // Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis. — 2011. — № 6. — С. 343—354.



## **ADAPTATION AS STAFF STRESS RESISTANCE INCREASING TOOL**

**O. Chyhrynets**

*National University of Food Technologies*

---

**Key words:**

*Stress resistance  
Staff adaptation  
Stressors  
Conflict situation  
Collective*

---

**Article history:**

Received 03.07.2018  
Received in revised form  
25.07.2018  
Accepted 15.08.2018

---

**Corresponding author:**

O. Chyhrynets

**E-mail:**

ellen.delightful@gmail.com

---

**ABSTRACT**

---

The paper analyzes the types of stress and the factors that cause them. The classification of the stress factors that arise in organizations is given and the ones that are characteristic of the management sphere are distinguished. The expediency of staff adaptation application for the purpose of collective stress resistance strengthening is substantiated. Specifically, the types and directions of staff adaptation at the enterprise are presented. The essence of the directions of staff adaptation is revealed and the employee-manager's social-psychological adaptation is reflected in the importance of interaction, and the factors that form the basis of leadership styles are provided.

The reason of stress can be any situation in which a person reacts with strong emotional excitement is generalized. The stupor of stress sources is considered: load imbalance, conflict or uncertainty of roles, monotonous work, critical physical conditions of work, etc. It is noted that the process of adaptation of personnel should include not only the requirements for the duties, but also a set of measures aimed at social and psychological integration of the employee into the team. This prevents the formation of an unfavorable climate and conflicts in the team. The essence of primary and secondary adaptation of personnel is revealed. Among the areas of adaptation is organizational, professional and socio-psychological adaptation. The socio-psychological adaptation is structured into a temporary situational, stable and general and the essence of each component is considered.

---

**DOI:** 10.24263/2225-2924-2018-24-4-8

---

## **АДАПТАЦІЯ ЯК ІНСТРУМЕНТ ПІДВИЩЕННЯ СТРЕСОСТІЙКОСТІ ПЕРСОНАЛУ**

**О.А. Чигринець**

*Національний університет харчових технологій*

*У статті проаналізовано види стресів і фактори, що їх спонукають. Надано класифікацію факторів стресів, що виникають в організаціях, та*

виокремлено найбільш характерні для сфери управління. Обґрунтовано доцільність застосування адаптації персоналу з метою посилення стресостійкості колективу. Наведено види та напрями адаптації персоналу на підприємстві. Розкрито сутність напрямів адаптації персоналу та відображено значимість взаємодії працівник-менеджер для соціально-психологічної адаптації, визначено чинники, які формують основу стилів керівництва.

З'ясовано, що причиною виникнення стресу може стати будь-яка ситуація, на яку людина реагує сильним емоційним збудженням. Розглянуто сутність джерел стресу: невідповідність навантаження, конфлікт або невизначеність ролей, монотонна робота, критичні фізичні умови праці тощо. Зазначено, що процес адаптації персоналу має включати не лише викладення вимог щодо виконуваних обов'язків, а й комплекс заходів, направлених на соціально-психологічну інтеграцію працівника в колектив, що запобігає формуванню несприятливого клімату та виникненню конфліктних ситуацій у колективі. Розкрито сутність первинної та вторинної адаптації персоналу. Серед напрямів адаптації розглянуто організаційну, професійну та соціально-психологічну адаптацію. Структуровано соціально-психологічну адаптацію на тимчасову ситуативну, стійку ситуативну і загальну та розглянуто сутність кожної зі складових.

**Ключові слова:** стресостійкість, адаптація персоналу, стресори, конфліктна ситуація, колектив.

**Постановка проблеми.** Опинившись у потенційно конфліктній ситуації, більшість людей застосовують звичні для них способи поведінки, які не завжди ефективні для запобігання та регулювання спірних питань. Якщо в повсякденному житті різного роду конфліктні ситуації можуть бути вирішені без застосування спеціалізованих знань про конфлікти, то в робочій обстановці таке незнання може виявитися фатальним як для кар'єри співробітника, так і для його емоційного стану. У найбільш складних ситуаціях, коли людина не знає, що необхідно зробити для вирішення конфліктної ситуації, доцільним є залучення спеціаліста-конфліктолога.

Більшість керівників, незважаючи на велику кількість знань у сфері управління людськими ресурсами та величезний життєвий досвід, недостатньо добре розуміються в механізмах виникнення конфліктних ситуацій у трудовому колективі та способах їх конструктивного вирішення. Деякі керівники застосовують практику силового придушення конфліктів, навіть не здогадуючись про позитивні зміни, які можуть настати в результаті зіткнення інтересів співробітників, якщо скерувати конфлікт у конструктивний бік. Разом з тим недостатня увага приділяється посиленню стресостійкості колективу, що сприяє ефективному розв'язанню конфлікту.

Пошук оптимальних способів урегулювання конфліктних ситуацій, що виникають у професійній діяльності, вимагає достатньої кількості знань про причини, способи та механізми виникнення суперечностей всередині колективу. Такі знання підвищують ефективність комунікації і допомагають не

тільки зробити процес праці спокійнішим, але й підвищити психологічну стійкість членів колективу. Наведені вище твердження обґрунтовують актуальність запропонованого дослідження.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Суттєвий внесок у формування і розвиток положень щодо використання різних підходів та інструментів у складі систем менеджменту зробило чимало вітчизняних і зарубіжних науковців, зокрема: П. Друкер, Г. Захарчин, Ю. Іванов, Б. Мільнер, Л. Мізес, І. Ансофф, І. Бланк, А. Воронкова, В. Герасимчук, Л. Грейнер, Ю. Погорелов, Й. Шумпетер та ін.

Дослідження проблеми професійних стресів та адаптації персоналу знайшло відображення в останніх публікаціях таких науковців, як С.М. Дмитрієва [1], Н.Ю. Подольчак [2], Л.А. Мацко [3], М.Д. Прищак [4], О.В. Чорнобиль [5], А.Л. Бикова [6]. У працях цих науковців розкрито сутність і причини виникнення професійних стресів і засоби їх подолання, види та напрями адаптації персоналу в організаціях. Разом з тим недостатньо дослідженим залишається питання впливу адаптації на стресостійкість персоналу.

**Метою статті** є обґрунтування доцільності застосування адаптації персоналу для підвищення стресостійкості колективу.

**Викладення основних результатів дослідження.** Насамперед необхідно розглянути основні причини і джерела виникнення стресу в професійній діяльності. Професійний стрес — це напружений стан працівника, що виникає у нього при впливі емоційно-негативних й екстремальних факторів, пов'язаних з виконуваною професійною діяльністю [1].

Розрізняють такі різновиди професійного стресу: інформаційний, емоційний, комунікативний, стрес помилки, стрес досягнення і стрес конкуренції [1]. Інформаційний стрес виникає у випадках інформаційних перевантажень, коли працівник не справляється із завданням і не встигає прийняти важливе рішення в умовах жорсткого обмеження в часі. Напруженість може посилюватися, якщо прийняття рішення супроводжується високим ступенем відповідальності, а також у випадках невизначеності, при нестачі необхідної інформації, занадто частому або несподіваній зміні інформаційних параметрів професійної діяльності.

Виникнення емоційного стресу пов'язане з існуванням прямої загрози (почуття провини), в результаті чого руйнуються глибинні установки й цінності працівника, пов'язані з його професією.

Комунікативний стрес виявляється у конфліктній поведінці, порушенні самоконтролю, наслідком чого стає ускладнення взаємодії з колегами.

Стрес помилки та стрес конкуренції мають спільні риси, адже виникають за відсутності реальних обставин — через неконтрольоване підвищення психічної напруги у зв'язку з безпідставними побоюваннями працівника.

Причиною виникнення стресу може стати будь-яка ситуація, на яку людина реагує сильним емоційним збудженням. Отже, основними джерелами стресу є: психологічна травма або кризова ситуація (втрата близьких людей, розставання з коханою людиною); дрібні щоденні негаразди; конфлікти або спілкування з неприємними людьми; перешкоди, які не дають можливості

досягти поставлених цілей; відчуття постійного тиску; нездійсненні мрії або занадто високі вимоги до себе; шум; монотонна робота; постійне звинувачення, самого себе в тому, що ви чогось не досягли або щось упустили; звинувачення себе у всьому поганому, що сталося, навіть якщо це сталося не з вашої вини; напружена праця; фінансові труднощі; сильні позитивні емоції; сварки з людьми, особливо з рідними (до стресу може привести і спостереження збоку сварок у сім'ї) [2].

Стимули, що викликають стан стресу, отримали назву стресорів. Розрізняють фізіологічні та психологічні стресори. До фізіологічних відносяться больові дії, надмірне фізичне навантаження, екстремальні температури (спека, холод), больові стимули тощо. До психологічних стресорів відносять чинники, які діють своїм сигнальним значенням: загрозою, небезпекою, образою, інформаційним перевантаженням тощо. До них можна віднести необхідність прийняття рішення, відповідальність за що-небудь, образу, переживання, конфлікт, сигнали небезпеки тощо [3].

Стресори можуть бути як реально діючими, так і ймовірними. За часом впливу стресори поділяються на періодичні, безперервні (постійні), гострі (короткочасна дія різко наростаючою сили стресових і екстремальних факторів) і хронічні (тривалі) [3]. Якщо об'єктивно діючий на людину емоційний стимул не визнається шкідливим, його не можна вважати стресором.

Факторами, що впливають на виникнення стану стресу, виступають життєві ситуації, події, які можна систематизувати за інтенсивністю негативного впливу і часу, необхідного на адаптацію. Відповідно до цього розрізняють [3]:

- повсякденні складності, неприємності, труднощі (час на адаптацію до них становить від декількох хвилин до декількох годин);

- критичні життєві, травматичні події (час на адаптацію — від декількох тижнів до декількох місяців);

- хронічні стресори (можуть тривати роками).

Залежно від виду стресора і характеру його впливу виділяють різні види стресу, в найбільш загальній класифікації — фізіологічний і психологічний стрес [3]. Фізіологічний стрес — це фізіологічна реакція організму на дію стресорів (факторів, що викликають стрес). Психологічні стреси поділяються на інформаційні та емоційні. Інформаційний стрес виникає в ситуації, коли людина не справляється із завданням, не встигає прийняти правильні рішення в необхідному темпі при високому ступені відповідальності за прийняті рішення. Емоційний стрес з'являється в ситуації загрози, небезпеки, образи тощо. Найбільш руйнівні для організму психологічні стреси.

Стрес може бути викликаний чинниками, пов'язаними з роботою і діяльністю організації або подіями особистого життя людини. Якщо ми звернемо увагу на життєві ситуації і події, здатні викликати стрес, то побачимо, що деякі з них є позитивними і сприятливо впливають на наше життя (весілля, особистий успіх, народження дитини, успішне складання іспитів). Крім того, протягом життя ми відчуваємо й інші позитивні відчуття: наприклад, радість (закінчення школи, інституту, зустріч з друзями і рідними, перемога улюбленої команди), любов, творчий підйом (натхнення), досягнення визначного спортивного результату тощо.

Однак стресову напругу здатні викликати як позитивні, так і негативні ситуації. Деякі життєві ситуації, що викликають стрес, можна передбачити, наприклад, зміну фаз розвитку та становлення сім'ї або ж біологічно зумовлені зміни в організмі, характерні для кожного з нас. Інші ситуації, несподівані і непередбачувані, особливо раптові (нешасні випадки, природні катаклізми, смерть близької людини), ми передбачити не можемо. Існують також ситуації, зумовлені поведінкою людини, прийняттям будь-яких рішень, певним ходом подій (розлучення, зміна місця роботи або місця проживання тощо). Кожна з подібних ситуацій здатна викликати душевний дискомфорт. Тому людині необхідні хороші адаптаційні здібності, які допоможуть пережити найважчі життєві ситуації, вистояти в жорстких життєвих випробуваннях.

Розглянемо фактори, здатні викликати стрес всередині організації [1]:

1. Перевантаження або, навпаки, низьке навантаження. Наприклад, працівнику доручили занадто багато завдань або дали мало часу на їх виконання. У цьому випадку, зазвичай, виникає занепокоєння, фрустрація (почуття катастрофи), а також відчуття безнадійності і матеріальних втрат. Однак недовантаження може викликати точно такі ж почуття. Робітник, який отримує завдання, що не відповідають його можливостям, зазвичай відчуває фрустрацію, занепокоєння щодо своєї цінності в соціальній структурі організації.

2. Конфлікт ролей. Конфлікт ролей виникає, коли до працівника висувають суперечливі вимоги. Наприклад, продавець може отримати завдання негайно реагувати на прохання клієнтів, але коли бачать, що він розмовляє з клієнтом, то кажуть, щоб він не забував заповнювати полиці товаром. Конфлікт ролей може також статися в результаті порушення принципу єдиначальності. Два керівники в ієрархії можуть дати працівникові суперечливі вказівки. Наприклад, директор заводу може зажадати від начальника цеху максимально збільшити випуск продукції, в той час як начальник відділу технічного контролю вимагає дотримання стандартів якості. Конфлікт ролей може також виникнути в результаті відмінностей між нормами неформальної групи і вимогами формальної організації. У цій ситуації індивідум може відчути напругу і занепокоєння, тому що хоче бути прийнятим групою, з одного боку, і дотримуватися вимог керівництва — з іншого.

3. Невизначеність ролей. Невизначеність ролей виникає тоді, коли працівник невпевнений у тому, чого від нього чекають. На відміну від конфлікту ролей тут вимоги не будуть суперечливими, але вони нечіткі і невизначені. Люди повинні мати правильне уявлення про очікування керівництва: що і як вони повинні робити і як їх після цього будуть оцінювати.

4. Нецікава робота. Працівники, які мають цікавішу роботу, проявляють менше неспокою і менш схильні до фізичних нездужань, ніж ті, які займаються нецікавою роботою. Однак погляди на поняття «цікава» робота у людей різняться: те, що здається цікавим одному працівнику, зовсім не обов'язково буде цікаво іншому.

5. Інші фактори. Стрес може виникнути через погані фізичні умови: через недотримання температурного режиму приміщення, поганого освітлення або надмірного шуму. Неправильні співвідношення між повноваженнями і відпо-

відальністю, погані канали обміну інформацією в організації і необґрунтовані вимоги співробітників один до одного теж можуть викликати стрес.

У професійній управлінській діяльності стресові ситуації можуть бути викликані динамічністю подій, необхідністю швидкого прийняття рішення, неузгодженістю між індивідуальними особливостями, ритмом і характером діяльності. Факторами, що сприяють виникненню емоційного стресу в цих ситуаціях, можуть бути недостатність інформації, її суперечливість, надмірна різноманітність або монотонність, оцінка роботи, як перевищує можливості працівника за обсягом або ступенем складності, суперечливі або невизначені вимоги, критичні обставини чи ризик при прийнятті рішення.

У сучасних наукових працях серед засобів посилення стресостійкості персоналу розглядаються виключно фізіологічні та психологічні вправи (заходи), які допомагають персоналу у подоланні стресу. Зокрема, до них належать застосування технік розслаблення, залучення працівників до прийняття рішень, впровадження систем тайм-менеджменту [4].

Водночас адаптація персоналу розглядається виключно як фактор підвищення ефективності діяльності, як інструмент навчання та розвитку персоналу [5]. Науковці у своїх працях не приділяють належної уваги можливості застосування адаптації персоналу як інструменту підвищення стресостійкості персоналу.

З метою обґрунтування доцільності застосування адаптації для підвищення стресостійкості персоналу необхідно дослідити її вплив на здатність працівника до подолання стресів.

Важливими чинниками, які поліпшують адаптацію в професійних групах, є соціальна згуртованість, здатність будувати міжособистісні відносини, можливість відкритої комунікації.

Залежно від наявності попереднього досвіду роботи у працівника, виділяють два види адаптації [6]:

- первинна, тобто адаптація кадрів без досвіду професійної діяльності;
- вторинна, тобто адаптація працівників, що мають досвід професійної діяльності (наприклад, у разі зміни сфери діяльності або підвищення до керівних посад).

Процес адаптації передбачає такі напрями [6]:

- організаційна адаптація;
- професійна адаптація;
- соціально-психологічна адаптація.

Організаційна адаптація передбачає ознайомлення працівника зі структурою організації та особливостями організаційної культури, засвоєння працівником правил внутрішнього розпорядку. Професійна адаптація проявляється в коригуванні професійних навичок та умінь до необхідного рівня. Соціально-психологічна адаптація спрямована на пристосування працівника до взаємовідносин у колективі, в т. ч. до стилю керівництва.

Професійна адаптація нового працівника, як правило, розпочинається ще до прийому на роботу. В процесі співбесіди потенційний працівник ознайомлюється з вимогами до його професійної діяльності, співвідносить з ними

наявні теоретичні знання і досвід, набутий на попередньому місці роботи. Тож співбесіда направлена не тільки на визначення відповідності рівня працівника, але й дозволяє працівнику більшою мірою усвідомити зміст та особливості професійної діяльності, яку він здійснюватиме.

Соціально-психологічна адаптація включає:

- тимчасову ситуативну адаптацію, яка легко може перейти у стан дезадаптації в результаті внутрішньопсихологічних змін (наприклад, актуалізації нових потреб і установок) чи змін деяких аспектів ситуації;

- стійку ситуативну адаптацію — довготривала адаптованість в окремих типових ситуаціях, в яких індивід опиняється доволі часто;

- загальна адаптація — потенціальна здатність адаптуватися в широкому спектрі типових ситуацій, які найчастіше трапляються в певному соціальному оточенні.

Якщо зробити проєкцію наданої класифікації на сферу праці, то можна стверджувати, що тимчасова ситуативна адаптація притаманна працівнику на стадії випробувального терміну. Після чого відбувається стійка ситуативна адаптація, яка з досвідом змінюється на загальну адаптацію.

Перші робочі дні працівника характеризуються наявністю таких психічних станів: бажання успішно пройти випробувальний термін, прагнення добре себе зарекомендувати, висока активність і позитивні очікування. Разом з тим працівник може відчувати тривожність, невпевненість, страх під час спілкування з колегами тощо. Зазвичай, подібні негативні відчуття є проявом низької самооцінки. Професійний HR має вчасно зафіксувати наявність проявів низької самооцінки у працівника і за необхідності — вчасно надати допомогу для запобігання проявам емоційного вигорання.

Взаємодія з керівником є однією з важливих складових адаптації працівника. Керівник оцінює якість виконання професійних завдань працівником, приймає рішення щодо результатів випробувального терміну або підвищення посади.

Кожний керівник дотримується певних правил управлінської діяльності, які у менеджменті називають «стилем керівництва». Стиль керівництва формується на основі здібностей, рис характеру, темпераменту, методів вирішення конфліктів. Це визначає, як він взаємодіє із колективом та підлеглими, як поводить себе в екстрених ситуаціях і які методи використовує в міжособистісних конфліктах.

## **Висновки**

Враховуючи наведений аналіз, можна зробити висновок про позитивний вплив адаптації на підвищення стресостійкості персоналу. Зокрема, організаційна та соціально-психологічна адаптація сприяють послабленню дії стресорів на працівника, посилюють його здатність до подолання стресових ситуацій.

Нехтуючи важливістю процесу адаптації персоналу і зводячи його лише до викладення вимог щодо виконуваних обов'язків, керівники позбавляють себе можливості запобігання передумовам виникненню конфліктних ситуа-

цій. Важливим фактором посилення стресостійкості персоналу є його соціально-психологічна адаптація.

Подальші наукові дослідження можуть бути спрямовані на визначення ефективності застосування адаптації для профілактики конфліктів у колективі.

### **Література**

1. *Дмитрієва С.М.* Особливості профілактичної роботи по попередженню професійного стресу у майбутніх фахівців з фінансів, економіки та менеджменту туристичної індустрії. Актуальні проблеми, сучасний стан та перспективи розвитку індустрії туризму в Україні та Польщі: Матеріали VII Міжнародної науково-практичної конференції / За ред. Саух І.В. — Житомир : Вид-во ЖФ КІБІТ. — С. 187—192.
2. *Подольчак Н.Ю.* Сутність, причини виникнення та підходи до регулювання стресових ситуацій на підприємствах / Н.Ю. Подольчак, І.М. Дорош, О.І. Дорош // Вісник Національного університету «Львівська політехніка». — 2013. — № 778 : Менеджмент та підприємництво в Україні: етапи становлення і проблеми розвитку. — С. 101—108.
3. *Мацко Л.А.* Основи психології та педагогіки : Навчальний посібник / Л.А. Мацко, М.Д. Прищак. — Вінниця : ВНТУ, 2009. — 158 с.
4. *Заболотна В.О.* Соціально-психологічні технології корекції рівня стресу в організаціях / В. О. Заболотна // Актуальні проблеми соціології, психології, педагогіки. — 2015. — № 2. — С. 26—34.
5. *Чорнобиль О.В.* Адаптація персоналу як напрям діяльності систем навчання та розвитку вітчизняних підприємств. Теорія та практика державного управління: зб. наук. пр. — Харків : Вид-во ХарРІ НАДУ «Магістр», 2015. — Вип. 1 (48). — С. 196—203.
6. *Бикова А.Л.* Складові ефективної адаптації персоналу / А.Л. Бикова, Д.Д. Паранько // «Молодий вчений» — 2016 — № 12.1(40) — С. 640—646.



## MODELING THE EVALUATION OF UNIVERSITY'S RATING BY MATHEMATICAL METHODS

V. Romanenko

National University of Food Technologies

---

**Key words:**

*Quality of higher education*  
*Rating of university*  
*Modeling*  
*Mathematical model*  
*Factor analysis*  
*The method of Brandon*

---

**Article history:**

Received 03.07.2018  
Received in revised form  
27.07.2018  
Accepted 20.08.2018

---

**Corresponding author:**

V. Romanenko

**E-mail:**

13romvik@gmail.com

**ABSTRACT**

The paper considers and investigates the feasibility of using modern methods of mathematical modeling and factor analysis in the context of determining the university's rating assessment by chosen specialty. In the context of the modernization of higher education in Ukraine, which involves the use of new methods, information and communication technologies, new approaches to the quality of education, universities have been in a tight competition. The most convincing confirmation of the rating of a higher educational institution is its popularity among entrants. Despite the existence of a large number of university assessment criteria, the level of trust to them from graduates of secondary schools is low. The reason of this situation is that the most rating assessments are formed by experts on the basis of analysis of external factors and they do not take into account the psychological characteristics and emotional experiences of entrants.

The paper focuses on the necessity of analyzing internal factors and the expediency of conducting a rating assessment for each individual specialty directly by the university leadership, further adjusting not only the quality of education but also the conditions for its obtaining. The proposed method allows to construct a mathematical model based on the Brandon method for assessing the University's ranking for a particular specialty in the current year and developing a computer method for calculating such an assessment that corresponds to the actual situation. Given the comparisons between the object being evaluated and the similar ones, the impact characteristics on the rating are determined and their significance is calculated by using factor analysis. By studying the external factors and changing influence of the internal factors, the university rating is adjusted for a specific specialty, which allows to predict the popularity of the higher educational establishment among the entrants during the upcoming admission campaign.

## МОДЕЛЮВАННЯ ОЦІНКИ РЕЙТИНГУ УНІВЕРСИТЕТУ З ВИКОРИСТАННЯМ МАТЕМАТИЧНИХ МЕТОДІВ

В.М. Романенко

Національний університет харчових технологій

*У статті розглянуто та досліджено доцільність використання сучасних методів математичного моделювання й факторного аналізу в контексті визначення рейтингової оцінки університету за обраною спеціальністю. В умовах модернізації вищої освіти в Україні, яка передбачає використання нових методик та інформаційно-комунікативних технологій і, відповідно, нових підходів до якості освіти, університети опинилися в умовах жорсткої конкуренції. Найпереконливішим підтвердженням рейтингу вищого навчального закладу є його популярність серед вступників. Незважаючи на існування великої кількості критеріїв оцінки університетів, рівень довіри до них у випускників загальноосвітніх шкіл невисокий. Причиною є те, що більшість рейтингових оцінок формується експертами на основі аналізу зовнішніх факторів і не враховує психологічні особливості та емоційні переживання вступників.*

*Представлена стаття акцентує увагу на необхідності аналізу таких внутрішніх факторів і доцільності проведення оцінки рейтингу по кожній окремій спеціальності безпосередньо керівництвом університету з подальшим коригуванням не лише якості освіти, а й умов її здобуття. Запропонована методика дає змогу побудувати математичну модель на основі методу Брандона для оцінки рейтингу університету за конкретною спеціальністю в поточному році та розробити комп'ютерний метод розрахунку такої оцінки, яка відповідає реальній ситуації. Враховуючи порівняння оцінюваного об'єкта з аналогічними, визначаються характеристики впливу на рейтинг та за допомогою факторного аналізу обчислюється їх значущість. Шляхом вивчення зовнішніх факторів і зміни внутрішніх факторів впливу коригується рейтинг університету за конкретною спеціальністю, що дає змогу прогнозувати популярність вищого навчального закладу серед вступників під час найближчої вступної кампанії.*

**Ключові слова:** *якість вищої освіти, рейтинг університету, моделювання, математична модель, факторний аналіз, метод Брандона.*

**Постановка проблеми.** Щороку випускники шкіл та їхні батьки розмірковують, який університет обрати для здобуття вищої освіти. Навіть коли спеціальність обрано, не так просто зорієнтуватися, який вищий навчальний заклад зможе забезпечити не лише необхідний багаж знань, а й комфортні умови навчання та проживання. Університет, у свою чергу, зацікавлений у потенційних вступниках, тому щороку намагається підняти свій рейтинг і залучити на навчання максимальну кількість студентів. Університети готові змінюватися та вдосконалюватися, щоб відповідати найвищим вимогам вступників. Існує велика кількість факторів, які впливають на рейтинг

університету. Ці фактори є зовнішніми і внутрішніми. До зовнішніх можна віднести профіль вишу, рівень акредитації, форму власності, територіальне розміщення тощо. Деякі зовнішні фактори можливо змінити, але, зазвичай, це складно і потребує багато часу та зусиль. Внутрішніх факторів впливу на рейтинг значно більше і піддаються вони коригуванню значно легше. До внутрішніх відносяться: зовнішній вигляд та оснащення університету, компетентність і сучасність викладачів, співпраця університету з роботодавцями та перспективи працевлаштування, кількість міжнародних партнерів та їх пропозиції для студентів, умови проживання в гуртожитку, вартість та якість харчування в студентській їдальні тощо. Вступники як звичайні споживачі на ринку товарів і послуг, з одного боку, порівнюють ціни на них, з іншого — властивості, які визначають їх якість і корисність. Навіть коли мова йде про бюджетне навчання, ціна послуги існує. До неї входить вартість дороги до вишу, оплата гуртожитку та інші витрати. Тому, перш ніж щось змінювати в університеті, важливо зрозуміти, які фактори є найбільш значущими для вступника та його батьків. Це можливо зробити лише використавши науковий підхід, зокрема статистичні дослідження, математичне моделювання та факторний аналіз. Побудувавши математичну модель залежності рейтингу університету від різних факторів [1; 2], можна свідомо обирати найбільш впливові для коригування і прогнозувати зміни у зацікавленості вступників щодо навчання за конкретною спеціальністю в заданому вищому навчальному закладі.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Актуальність теми зумовлена важливістю надання якісної освіти вищими навчальними закладами. Як наслідок, вчені та дослідники приділяють велику увагу цьому питанню. На думку О.Ю. Красовської, рейтинги закладів вищої освіти є важливим інструментом оцінки конкурентоспроможності університетів та їх навчально-наукового потенціалу. В сучасних наукових працях аналізуються як методи та критерії оцінки університетів, так і безпосередньо здійснюється порівняння вишів із застосування певних методик.

Значну увагу цій темі приділено в працях таких вчених і дослідників, як Б. Верстепен, Т. Невілл Послтвейт, А. Тайджнман, Дж. Уїлмс (теоретичні засади моніторингу якості освіти та деякі аспекти його практичного застосування); С. Бабінець, Т. Стофер (моніторинг як засіб діагностики якості освіти); Г. Єльнікова, В. Кальней, О. Касьянова, А. Майоров, М. Поташник, А. Чучалін, С. Шишов (наукові основи моніторингу як засобу управління якістю освіти); О. Локшина, О. Ляшенко (світовий досвід становлення моніторингу якості освіти); Л. Гудмен, Г. Зіняков, О. Пермькова, В. Шермен, І. Шимків (моніторинг у системі оцінювання якості навчання); Т. Лукіна, В. Вікторов, М. Гусаківський, Р. Швелсон, К. Фітц-Гібон (міжнародні порівняльні дослідження та освітні індикатори в системі моніторингу якості освітніх систем); І. Булах, А. Кінг, С. Кретович, Г. Цехмістрова, Д. Шіренс (моніторинг ефективності сфери вищої освіти та забезпечення якості підготовки фахівців) [3, с. 2].

Оцінку рівня довіри випускників загальноосвітніх шкіл до сучасних рейтингів університетів було здійснено О.І. Царенко. За результатами опитування виявилось, що 31% абітурієнтів не приділяють значної уваги рейтингам і

сумніваються у достовірності оцінки вишів. Проте більшість надає велике значення позиції університетів серед інших навчальних закладів. З огляду на це можна зробити висновок, що рейтингові оцінки формують уявлення про престиж, якість освіти та можливість працевлаштування у майбутньому. Тому критерії оцінки стають важливими орієнтирами, на які має звертати увагу керівництво університету. Варто зазначити, що моделювання оцінки рейтингу є важливим процесом як для абітурієнтів, так і для університетів та роботодавців.

Серед сучасних публікацій заслуговують на увагу праці С.В. Курбатова [5], у яких проведено порівняльну характеристику різних методів оцінки університетів. Учений дійшов висновку, що кожна з методик дає змогу дослідити освітній потенціал з різних точок зору, за різними параметрами. Тож існує значна кількість рейтингових систем, проте вони не дають змогу здійснити комплексну оцінку закладів вищої освіти.

Практика складання університетських рейтингів нараховує вже понад чверть століття. Перший університетський рейтинг, надрукований у журналі US News&World Report, з'явився в США 1983 р. [7, с. 102].

На сьогодні в Україні найбільш популярними є рейтинги «Софія Київська», рейтинг Міністерства освіти і науки України (МОНУ), думка працевлаштувачів (журнал «Деньги»), рейтинг кращих ВНЗ України («Корреспондент»), Топ-200 Україна (під егідою ЮНЕСКО-СЕПЕС), рейтинг ВНЗ «Компас». [6, с. 162].

Найбільш впливовими світовими рейтингами вважаються Шанхайський або академічний рейтинг, рейтинг QS, рейтинг Times higher education, які оцінюють кращі університети світу [4, с. 61]. Академічний рейтинг враховує фактичні дані, інші включають також дані опитування академічної спільноти та роботодавців.

Шанхайський рейтинг вважається першим світовим університетським рейтингом. Створений у 2003 р. Інститутом вищої освіти Шанхайського університету (Китай) з метою визначення рівня відставання китайських університетів від провідних університетів на світовому рівні. Методологічно рейтинг формувався на базі легкодоступних джерел інформації, основна увага приділялася дослідницькій діяльності у сфері науки й технології, тобто науково-дослідницькій сфері, в якій університети Китаю прагнули зміцнити свої позиції [7, с. 103]. Як наслідок, через обмеженість напрямів, які досліджувалися, було виявлено, що цей рейтинг не є зручним у користуванні для вступників і студентів, а також не може сприяти вдосконаленню системи освіти.

Згодом було створено рейтинг Times Higher Education. Для оцінки цього рейтингу було включено критерії Шанхайської методології, тому науково-дослідна діяльність у рейтингу ТНЕ займає лише частину ваги впливу факторів на загальну оцінку. До цього фактора було додано суб'єктивні оцінки університетів роботодавцями та академічним середовищем. Рейтинг Times оцінює переважно маркетингові показники університету та його статусні параметри, тому також не враховує інші важливі фактори.

Рейтинг QS є предметним рейтингом, що найчастіше критикують. Такі рейтинги містять недостатньо матеріалу з конкретних питань, у яких зацікавлені вступники та роботодавці.

Новітньою рейтинговою системою на сьогодні є U-Multirank. Методика враховує значну кількість факторів, що впливають на якість надання освітніх послуг навчальними закладами [4, с. 64]. Основною метою цієї системи є те, що вона дає змогу сформувати рейтинг університетів з урахуванням потреб користувачів методики. Це надає можливість обрати найважливіші фактори, що, на думку вступників, студентів, викладачів або роботодавців, впливають на пріоритетність університетів, якість освіти.

Недоліком цієї методики є те, що університети важко оцінити на відповідність державній або міжнародній політиці у сфері освіти. Метод визначення рейтингових оцінок має сприяти вдосконаленню університетів у найбільш суттєвих напрямках. Також методика не враховує вагомість оцінок, внаслідок чого неможливо врахувати те, що кожен з факторів по-різному впливає на загальну оцінку. Наразі система має обмежену кількість факторів, які варто доповнити для здійснення більш комплексної оцінки (наприклад, якість освітнього менеджменту закладів вищої освіти, успішність студентів, кількість міжнародних освітніх програм та студентів, що за ними навчаються, кількість працевлаштованих випускників за спеціальністю).

За даними дослідження та обліку світового попиту на послуги вищої освіти, досягнення відповідності їх на ринку праці є пріоритетним напрямком діяльності країн-лідерів світового ринку вищої освіти. З огляду на це варто враховувати даний показник у світових та національних рейтингах університетів.

Також недоліком сучасних методологій оцінки рейтингу є те, що попри поширення глобалізації в освітньому просторі, інтенсифікацію інтернаціоналізації освітньої діяльності, ці процеси недостатньо представлені у світових рейтингах закладів вищої освіти та майже не знайшли свого відображення в національних рейтингових системах.

Запропонована в статті методика дає змогу усунути вищезазначені недоліки. Принциповою відмінністю є те, що вона враховує впливовість різних факторів, в тому числі і психологічних. Крім того, за допомогою описаної методики можна інтегрувати різні системи й отримувати комплексну рейтингову оцінку університетів. Головними перевагами використання запропонованої методики, порівняно з наявними, є:

1. Простота застосування методології та інтерпретації.
2. Максимальна ефективність і результативність методу дослідження.
3. У випадках виявлення взаємодії між факторами можна правильно ідентифікувати та інтерпретувати показники.
4. Можливість побудови багатофакторної моделі, легко аналізуючи великі масиви статистичних даних.
5. Розроблений метод дає змогу здійснювати оцінку рейтингу університетів за допомогою сучасних програмних засобів статистичного аналізу даних.

Питання формування рейтингової оцінки університетів на сьогодні активно досліджується, нова модель може мати практичне значення.

**Мета статті:** показати необхідність проведення внутрішньої оцінки рейтингу університету за кожною окремою спеціальністю з подальшим визначе-

нням і коригуванням найважливіших факторів впливу. Запропонувати використання математичних методів та комп'ютерних технологій для такої оцінки.

**Методи дослідження.** Для опису рейтингу університету за конкретною спеціальністю у вигляді математичної залежності використовуються методи кореляційного і регресійного аналізу, а також факторний аналіз.

**Викладення основних результатів дослідження.** Пошук емпіричної формули, яка пов'язує величину рейтингу з факторами, що впливають на неї, в загальному випадку є досить складним завданням. Застосуємо один із різновидів регресійного аналізу — метод послідовного виключення впливу незалежних змінних, відомий під назвою метод Брандона [3]. В його основі лежить припущення про те, що фактори впливу слабо пов'язані між собою, і шукане рівняння зв'язку можна представити у вигляді:

$$y = \bar{y} \cdot f_1(x_1) f_2(x_2) f_3(x_3) \cdots f_n(x_n), \quad (1)$$

де  $\bar{y}$  — середнє значення виходу (функції).

Метод Брандона корисно застосовувати в тих випадках, коли потрібно швидко і досить точно описати складний процес на основі отриманих експериментальних даних. Необхідно зв'язати у вигляді рівнянь регресії фактори впливу з вихідними показниками. Добре, коли відомий якісний характер впливу кожної з незалежних змінних  $x_i$  на досліджувану функцію. Однак метод Брандона можна застосовувати і в тих випадках, коли такі відомості відсутні. Зручність апроксимуючої функції  $y$  полягає в тому, що кожен зі складових функцій, яка залежить тільки від однієї змінної, можна легко оцінити.

Показники, що відображають рейтинг університету, мають оціночний характер, тобто являють собою критерії. Складність оцінювання рейтингу полягає в тому, що рейтинг, визначений за одними критеріями, може відрізнятися від показника рейтингу, розрахованого за іншими критеріями. Наявність великої кількості показників, що характеризують рейтинг університету, знижує інформативність і негативно впливає на значущість вагових коефіцієнтів. Для уникнення цієї ситуації базові показники потрібно згрупувати за певною характеристикою, наприклад, відповідно до кожної компоненти рейтингу університету. При цьому показники кожної групи повинні відображати одну характеристику досліджуваних об'єктів, між показниками всередині групи повинні спостерігатись доволі щільні кореляційні зв'язки, а між показниками різних груп кореляційні зв'язки повинні бути незначними.

Кожна складова рейтингу університету може містити як кількісні показники, так і якісні. Кількісні показники формуються на основі об'єктивних даних, тоді як якісні показники є суб'єктивними, але вони можуть бути особливо важливими для формування рейтингу університету.

Якісні показники складових рейтингу можуть оцінюватися в балах або коефіцієнтах за допомогою опитування (анкетування) студентів, викладачів, школярів або їх батьків тощо. Для переходу від якісних показників до кількісних можна застосувати факторно-аналітичний підхід [8]. Він ґрунтується на уявленні про комплексний характер досліджуваного явища, що виявляється, зокрема, у взаємозв'язках між окремими його ознаками. Мета факторного

аналізу — сконцентрувати вихідну інформацію, представлену у вигляді масиву даних і виразити якомога більшу кількість ознак через якомога меншу кількість характеристик. Вважається, що наймісткіші характеристики і будуть найсуттєвішими. Саме ці узагальнені місткі характеристики і називаються факторами. Кількість виділених факторів може бути достатньо великою. Факторний аналіз дає змогу визначити найбільш збалансовану кількість, з його допомогою можна також встановити, який із факторів найбільш значимий. Це можна зробити, наприклад, за допомогою критерію Кайзера або критерію кам'янистого насипу, описаного Р.Б. Кеттелом [9].

При використанні методу Брандона велике значення має порядок положення функцій у рівнянні (1). Чим більше впливу надає фактор на шуканий результат, тим меншим повинен бути порядковий номер функції, що описує його вплив у зазначеному рівнянні.

Розглянемо застосування методу Брандона для побудови спрощеної математичної моделі, яка дає змогу оцінити рейтинг університету  $R$  за конкретною спеціальністю, використовуючи формулу:

$$R = 100\% \cdot k_{\text{рег}}(r_1) \cdot k_{\text{спец}}(r_1, r_2) \cdot k_{\text{роб}}(r_1, r_2), \quad (2)$$

де  $k_{\text{рег}}$ ,  $k_{\text{спец}}$ ,  $k_{\text{роб}}$  — характеристики (коефіцієнти), які, відповідно, враховують регіональність вишу, популярність спеціальностей університету, можливості працевлаштування після закінчення університету. Розглянемо лише декілька найважливіших факторів впливу. Значення коефіцієнтів  $k_{\text{рег}}$ ,  $k_{\text{спец}}$ ,  $k_{\text{роб}}$  можна визначити експертним шляхом або на основі статистичних даних.

З метою оцінки популярності вишів уся Україна умовно розподілена на чотири регіони в залежності від їх престижності: 1 — Київ, 2 — Дніпро, Львів, Одеса, Харків, 3 — Донецьк, Луганськ, 4 — інші регіони.

Нехай значення коефіцієнта  $k_{\text{рег}}$  визначені експертним методом (за результатами опитування (анкетування) вступників), наприклад:

$$k_{\text{рег}}(r_1) = \begin{cases} 1,02, & \text{при } r_1 = 1 \\ 1,01, & \text{при } r_1 = 2 \\ 1, & \text{при } r_1 = 3 \\ 0,9 & \text{при } r_1 = 4 \end{cases}. \quad (3)$$

Припустимо, всього в Україні можна здобути вищу освіту за  $n$  спеціальностями. Коефіцієнт популярності спеціальності  $k_{\text{спец}}(r_1, r_2)$ , ( $r_2 = 1, 2, \dots, n$ ) фактично визначається як частка кількості поданих заяв за конкретною спеціальністю у заданому регіоні до загальної кількості заяв за цією спеціальністю на всій території України. Коефіцієнт можливості працевлаштування, після закінчення університету  $k_{\text{роб}}(r_1, r_2)$  обчислюється як частка кількості працевлаштованих випускників минулого року за зафіксованою спеціаль-

ністю в даному університеті до загальної кількості випускників минулого року у цьому виші.

Зауважимо, що для більш уточненої оцінки рейтингу університету при побудові економетричної моделі потрібно враховувати не тільки регіональність, популярність спеціальностей і можливості працевлаштування після закінчення університету, а й додаткові фактори, перераховані вище. Це можна зробити шляхом введення в модель відповідного коефіцієнта. Очевидно, що кожний наступний коефіцієнт залежить від попереднього, що підтверджує доцільність використання методу Брандона. Наведена модель оцінки рейтингу університету показує, що змінюючи деякі фактори можна вплинути на результат досліджень. Наприклад, заключивши договори щодо працевлаштування випускників, можна збільшити показники останнього коефіцієнта піднявши тим самим рейтинг університету. Порівнявши показники рейтингу даного університету з іншими вишами, які пропонують навчання за заданою спеціальністю можна прогнозувати успішність найближчої вступної кампанії.

Алгоритм цієї задачі легко програмується в середовищі Excel. Він дає змогу користувачу, опрацювавши статистичні дані, швидко оцінити популярність вишу за тією чи іншою спеціальністю.

### Висновки

Запропоновано застосування методу Брандона у визначенні рейтингу університету за конкретною спеціальністю з метою оптимізації та інформативності отримання результатів. Розроблена модель надає можливість кількісно проаналізувати позицію конкретного університету щодо решти досліджуваних вишів і визначити тактичні й стратегічні напрями його розвитку. Такий аналіз дасть змогу ефективно й оперативно управляти діяльністю університету. Застосування математичних методів та комп'ютерних технологій доцільно використовувати для оцінки рейтингу університету та прогнозування популярності вищого навчального закладу серед вступників під час наступних вступних кампаній.

### Література

1. *Налимов В.В.* Теория эксперимента: монографія. Наука, 1971. — 208 с.
2. *Самарский А.А., Михайлов А.П.* Математическое моделирование: Идеи. Методы. Примеры: монографія. ФИЗМАТЛИТ, 2005. — 320 с.
3. *Олендр Т.М.* Моніторинг якості природничо-наукової освіти в університетах США: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. пед. наук : 13.00.01 — загальна педагогіка та історія педагогіки / ТНПУ ім. В. Гнатюка, 2011. — 22 с.
4. *Царенко І.О.* Рейтингові системи ранжування вищих навчальних закладів: українські та світові методики. Наукові праці Кіровоградського національного технічного університету. Економічні науки. — 2014. — Вип. 26. — С. 56—66.
5. *Курбатов С.В.* Університетські рейтинги як фактор легітимації елітного статусу освіти в сучасних умовах. Філософія і методологія розвитку вищої освіти України в контексті євроінтеграційних процесів / авт. кол.: В. Андрущенко (керівник), М. Бойченко, Л. Горбунова, В. Лутай, та ін.. Київ : Педагогічна думка, 2011. — 320 с.
6. *Красовська О.Ю.* Рейтинги вищих навчальних закладів як інструмент оцінки міжнародної конкурентоспроможності національних освітніх систем. Бюлетень Міжнародного Нобелівського економічного форуму. — 2010. — Т. 2., № 1(3). — С. 161—170.



7. Татаринов І.С., Герасимов О.В. Світова практика формування рейтингів університетів: визначення найбільш об'єктивних критеріїв та індикаторів оцінювання. Український соціум. — 2013. — № 1. — С. 100—116.
8. Чавкін А.М. Методи моделі раціонального управління в ринковій економіці. Москва : Фінанси і статистика. — 2001. — 320 с.
9. Шуметов В.Г., Шуметова Л.В. Факторный анализ: подход с применением ЭВМ : учеб. пособие для вузов. Орел : Орел ГТУ. — 2000. — 88 с.
10. StatSoft электронный учебник по статистике [Электронный ресурс]. — Режим доступа : <http://www.statsoft.ru/home/textbook/default.htm>.
11. The Berlin Principles of Ranking of Higher Education Institutions. The Proceedings of 2nd Meeting of the International Rankings Expert Group (IREG): "Methodology and Quality Standards of Rankings", 18—20 May 2006, Berlin, Germany.
12. Jan Sadlak, Liu Nian Cai. The World-Class University and Ranking: Aiming Beyond Status. UNESCO-CEPES, Shanghai Jiao Tong University, Cluj University Press, 2007. — 379 p.
13. Methods of Determination of University Ranking in Ukraine. UNESCO Chair "Higher Technical education, applied system analysis and informatics". The Proceedings of 2nd Meeting of the International Rankings Expert Group (IREG): "Methodology and Quality Standards of Rankings", 18—20 May 2006, Berlin, Germany.
14. Про вищу освіту: Закон України від 1.07.2014 року № 1556-VII [Електронний ресурс]. — Режим доступу : <http://osvita.ua/legislation/law/2235/>.
15. Розвиток системи забезпечення якості вищої освіти в Україні: інформаційно-аналітичний огляд / уклад.: Т. Добко, І. Золотарьова, С. Калашнікова та ін.; за заг. ред. С. Калашнікової та В. Лугового. Київ : ДП «НВЦ «Пріоритети». — 2015. — 84 с.
16. Кулик О.С. Вибір системи індикаторів для оцінки якості надання освітніх послуг навчальними закладами . Scientific Journal «Science Rise». — 2015. — №7/1(12). — С. 47—53.
17. Світовий рейтинг вищих навчальних закладів «Webometrics». 2014 [Електронний ресурс]. — Режим доступу : <http://znoclub.com/insh/380-svitovij-rejting-vishchikh-navchalnikh-zakladiv-webometrics-2014.html>.

## MONITORING THE STATUS AND PROSPECTS FOR DEVELOPMENT OF EXPORT POTENTIAL OF THE DAIRY INDUSTRY OF UKRAINE

O. Pietukhova, Ju. Zhuravel

*National University of Food Technologies*

---

**Key words:**

*Export*  
*Export potential*  
*Dairy products*  
*Import*  
*Quality*  
*Export valuation*

---

**Article history:**

Received 13.07.2018  
Received in revised form  
30.07.2018  
Accepted 17.08.2018

---

**Corresponding author:**

O. Pietukhova

**E-mail:**

ompetukhova@bigmir.net

---

**ABSTRACT**

The paper is devoted to the actual issue concerning the export potential of the dairy industry of Ukraine. The concept of “export potential” is considered. The export potential of the food industry of Ukraine is found to be one of the important directions of development of export possibilities of the national economy.

This paper investigates the dairy industry of Ukraine. It is decided to redirect their export potential towards the European market. The state of the dairy market of our country is investigated, namely the reasons for the termination of inefficient enterprises activity are presented. The approaches of different scientists concerning definition of category “export potential”, as well as methods for its estimation are analyzed. The export activity of Ukraine is analyzed, new and potential markets of products are analyzed. Ukraine’s commercial dairy industry is beginning to recover from a sharp decline during recent years, producing higher quality milk and tapping into new foreign markets. There were found out both the most promising and appropriate products which Ukrainian enterprises can present to Europe.

The main reasons that hinder Ukraine’s exit to international markets are investigated. The volumes of export and import of dairy products in Ukraine are analyzed. The geographical structure of exports and imports is considered. The main countries that export their dairy products to Ukraine were identified. And also the main problem of development of dairy products is determined. The main directions concerning increase of effective realization of export potential of our country are offered. As a result of the study, the growth of the export potential of food is stated to be a determining factor in the development of foreign trade relations, an important link in the foreign trade exchange.

## МОНІТОРИНГ СТАНУ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ЕКСПОРТНОГО ПОТЕНЦІАЛУ МОЛОЧНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ УКРАЇНИ

О.М. Петухова, Ю.О. Журавель

Національний університет харчових технологій

*У статті досліджено експортний потенціал молочної промисловості України. Розглянуто поняття «експортний потенціал». Виявлено, що експортний експотенціал харчової промисловості України є одним із важливих напрямів розвитку експортних можливостей національної економіки.*

*Проаналізовано стан молочного ринку нашої країни, наведено причини припинення діяльності неефективних підприємств. З'ясовано, що, незважаючи на політичну та економічну нестабільність в Україні, торгівля молочними продуктами країни починає відновлюватися, розвивається молокопереробна промисловість, виробляючи якісні молочні продукти та виводячи їх на нові зовнішні ринки. Проаналізовано географічну структуру експорту молокопродукції з України, визначено основні країни-експортери. Досліджено географічну структуру імпорту та визначено основні країни, які експортують свою молочну продукцію в Україну. Проведено аналіз експортованих та імпортованих Україною молочних товарів у натуральному та вартісному вимірах. Визначено найбільш перспективні продукти, які українські підприємства можуть експортувати Європі.*

*З'ясовано основні причини, які гальмують вихід України на міжнародні ринки, а також проблеми розвитку експорту молочної продукції. Запропоновано напрями підвищення конкурентоспроможності та розвитку підприємств молокопереробного підкомплексу та розвитку експортного потенціалу нашої країни. Доведено необхідність дотримання вимог Європейського Союзу щодо молочної продукції та подальшого розвитку її експорту. Доведено, що зростання експортного потенціалу молочної промисловості України — визначальний фактор у розвитку зовнішньоторговельних зв'язків, що є важливою ланкою у зовнішньоторговельних відносинах.*

**Ключові слова:** експорт, експортний потенціал, молочна продукція, імпорт, якість, оцінка експорту.

**Постановка проблеми.** Україна є потужною державою, яка має великі перспективи в різних сферах економіки, зокрема у розвитку агропромислового комплексу. Одним із стратегічно важливих секторів для України є молокопродуктовий. Перш за все він забезпечує здоровий і повноцінний розвиток нації, адже молочні продукти є незамінними в збалансованому харчуванні людини. Молокопереробний підкомплекс України має потужний потенціал для того, щоб завоювати лідируючі позиції не тільки на внутрішньому ринку, але також і на зовнішньому.

На жаль, відсутність підтримки з боку держави значно гальмує розвиток експортного потенціалу підприємств галузі. Для зміни ситуації необхідне

вдосконалення бюджетної, податкової, інвестиційної фінансово-кредитної політики держави та внесення відповідних змін до законодавчої бази, які нададуть можливість товаровиробникам змінити на краще існуючу ситуацію на ринку молока [8].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Питанням дослідження експортного потенціалу молокопродуктового сектору України приділяється значна увага в працях таких науковців, як: О. Гуторов [1], О. Козак [3], В. Лади́ка [4], Л. Ліпич [5], О. Маслак [6], Л. Нейкова [8], А. Солошонок [11], Т. Хворост [12], С. Щербина [13] та інших. Однак велика кількість проблем залишаються досі не вирішеними, а Україна поступово перетворюється в імпортера молочної продукції, не використовуючи власний експортний потенціал і знищуючи національне молокопродуктове виробництво.

**Мета дослідження:** проаналізувати експорт-імпорт молочної продукції, визначити основні країни-експортери та країни-імпортери, з'ясувати проблеми експорту молочної продукції та розробити рекомендації щодо розвитку молокоперобної промисловості України.

**Викладення основних результатів дослідження.** В Економічній енциклопедії за редакцією С.В. Мочерного поняття «експортний потенціал» визначається як «здатність єдиного народногосподарського комплексу країни виготовляти максимальну кількість конкурентоспроможних товарів на світовий ринок, надавати якнайбільше якісних послуг і виконувати необхідну кількість робіт на замовлення іноземних країн і компаній» [2].

Е. Радченко, досліджуючи погляди науковців на сутність поняття «експортний потенціал» з позицій ресурсного, результативного, ринкового та системного підходів, приходять до висновку щодо відсутності визначення зазначеної категорії як узагальнюючого поняття і зазначає, що «існування багатьох визначень і підходів до трактування цього поняття свідчить про надзвичайну актуальність розглянутого питання» [10].

На жаль, у науковій літературі також відсутня єдина методика оцінки експортного потенціалу. Це пов'язано, на наш погляд, з неможливістю однозначної кількісної оцінки експортного потенціалу через певну суб'єктивність цього поняття, відсутність прямої залежності між потенціалом і ринковою позицією підприємства, станом галузі, а тим більше — країни.

Молочна галузь належить до провідних у харчовій і переробній галузях промисловості України й відіграє важливу роль в економіці держави та забезпеченні населення продуктами харчування першої необхідності. Молокопереробний комплекс виконує низку важливих функцій: забезпечує суспільство незамінними продуктами харчування; безперервно поповнює обігові кошти товаровиробників, бюджет країни, постачає сировину для інших сфер виробництва та, як результат, формує привабливий за обсягами ринок. Це пов'язано з тим, що молочна продукція займає важливе місце в споживанні: частка витрат на молочні продукти становить у середньому у світі 15% від загальних витрат на харчування [5].

Досліджуючи сучасний стан ринку молока та молокопродуктів можемо спостерігати, що останніми роками відбувається припинення діяльності неефек-

тивних підприємств з переробки молока та виготовлення молочної продукції з огляду на такі причини:

- закриття доступу до ринку одного з найбільших споживачів української молочної продукції — Росії;
- зниження купівельної спроможності населення, що могло бути спричинено економічною ситуацією в країні;
- зменшення географічних розмірів ринку через втрату контролю над частиною території України;
- недостатнє розуміння сучасних вимог до якості та непристосованість молочного сектору України до того, щоб виробляти молочні продукти, які б мали попит за межами країн СНД.

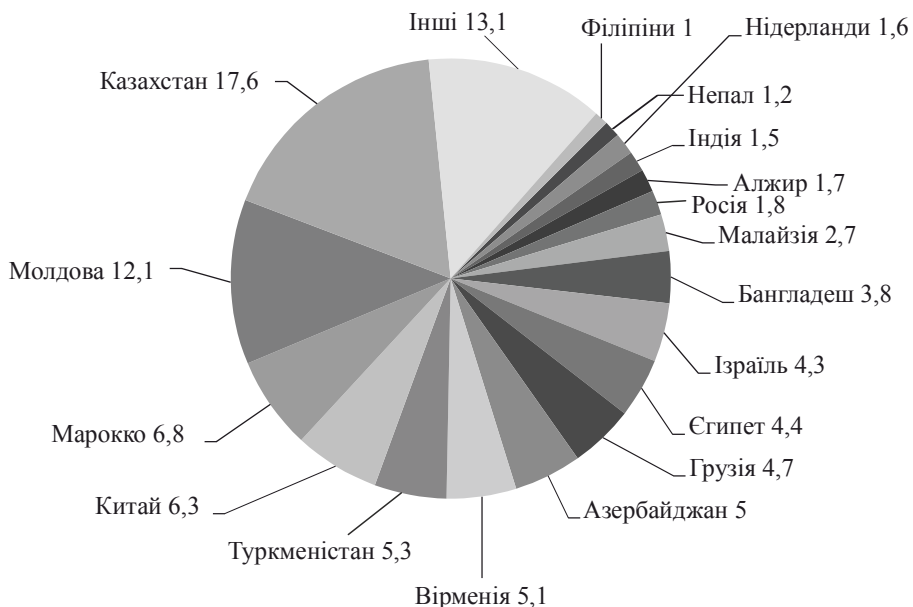
Протягом 2015 р. Україна відкрила для себе кілька нових ринків, дозволи на експорт у Китай, Казахстан та країни ЄС отримали численні компанії, це певним чином компенсувало втрату російського ринку [7]. Відповідно, позитивні результати в експорті мають великі та потужні підприємства, які мають ефективно налагоджену організацію всіх виробничих та управлінських процесів. Саме після припинення співпраці з Російською Федерацією вітчизняні виробники зрозуміли, що для більш ефективнішої зовнішньоекономічної діяльності вони мають кардинально змінити свій підхід до бізнесу, насамперед це стосується зміни ментальності керівництва. На нашу думку, підприємства, які мають проблеми в досягненні позитивних результатів, — це ті, які не розвивають свою діяльність у напрямі підвищення кваліфікації та знань персоналу, не приділяють належної уваги підвищенню якості продукції, а зациклені на старих технологіях і техніці та відсутності адаптації до сучасних потреб.

На думку С.В. Щербини [13], основними причинами, які змушують молокопереробні підприємства України здійснювати подальше освоєння міжнародних ринків молочної продукції, є такі:

- 1) міжнародні ринки молочної продукції відкривають значні можливості для нарощування виробництва, збільшення доходів, отримання додаткових конкурентних переваг за рахунок ефекту масштабу;
- 2) вихід на зовнішні ринки дасть змогу диверсифікувати ризики як комерційного, так і політичного характеру;
- 3) освоєння зовнішніх ринків має стати стимулом впровадження міжнародних стандартів якості у процесі виробництва.

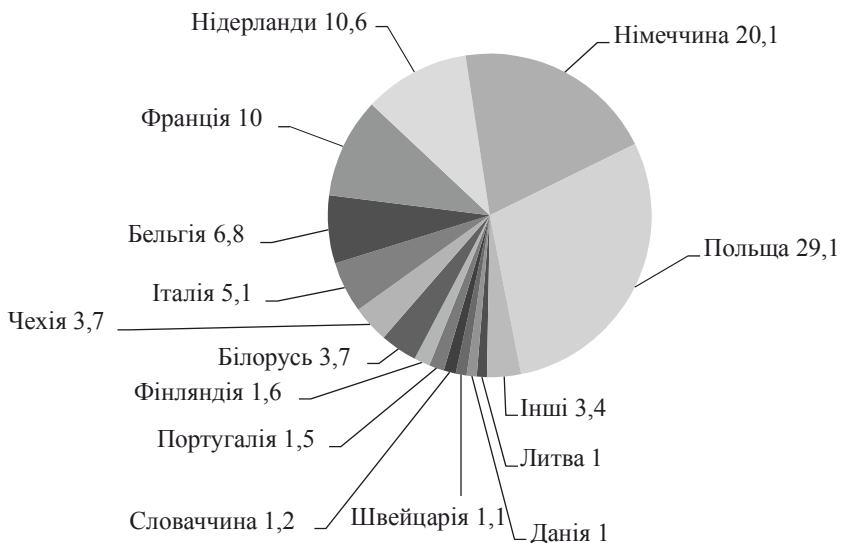
Аналіз експортованих та імпортованих Україною молочних товарів дасть можливість зрозуміти, які товари користуються попитом на іноземному ринку, а які — ні. Цікавою є також географічна структура експорту та імпорту.

Аналіз географічної структури експорту з України молокопродукції в 2017 р. (рис. 1) показав, що найбільшим експортером молочних продуктів є Казахстан, який займає 17,6% загальної структури експорту, а також Молдова — 12,1%. Найменше українських молокопродуктів експортують Філіппіни (1%), Непал (1,2%), Індія (1,5%), Нідерланди (1,6%), Алжир (1,7%) і Росія (1,8%).



**Рис. 1. Географічна структура експорту з України молокопродукції в 2017 р., складено авторами за даними [9]**

Слід зазначити, що поряд із експортом, Україна здійснює також імпорту молочної продукції.



**Рис. 2. Географічна структура імпорту в Україну молокопродукції в 2017 р., складено авторами за даними [9]**

Географічна структура імпорту в Україну молокопродукції за 2017 р. (рис. 2) свідчить, що найбільше молочних продуктів Україна імпортує з Польщі (29,1%) і Німеччини, що становить 20,1% загальної структури імпорту. Най-

меншу частку продукції імпортує з таких країн, як: Данія (1%), Литва (1%), Швейцарія (1,1%), Словаччина (1,2%), Португалія (1,5%) і Фінляндія (1,6%).

Аналізуючи експорт-імпорт молочних продуктів за 2016—2017 рр. у розрізі товарних груп (табл. 1), помічаємо, що експорт всіх видів продукції зазнає позитивних змін.

*Таблиця 1. Обсяги експорту-імпорту молокопродуктів в Україні за 2016—2017 рр., тонн, складено авторами за даними [8]*

| Найменування продукції   | Експорт за роками |          | Відхилення |       | Імпорт за роками |          | Відхилення |       |
|--|-------------------|----------|------------|-------|------------------|----------|------------|-------|
|  | 2016              | 2017     | +/-        | %     | 2016             | 2017     | +/-        | %     |
| Молоко та вершки, незгущені та без додання цукру чи інших підсолоджувальних речовин      | 10 489,2          | 14 061,5 | 3 572,3    | 34,1  | 586,4            | 836,5    | 250,1      | 42,7  |
| Маслянка, коагульовані молоко та вершки, йогурт, кефір та інші ферментовані або сквашені | 2 853,8           | 3 710,7  | 856,9      | 30    | 2 587,3          | 3 611,6  | 1 024,3    | 39,6  |
| Молочна сироватка  | 23 871,8          | 31 937   | 8 065,2    | 33,8  | 728,7            | 1 383,3  | 654,6      | 89,8  |
| Масло вершкове та інші жири, вироблені з молока; молочні пасти                           | 12 032,4          | 30 441,5 | 18 409,1   | 152,9 | 1 083,0          | 751,4    | -331,6     | -30,6 |
| Сири всіх видів і кисломолочний сир  | 8 050,8           | 9 050,8  | 1 000      | 12,4  | 7 058,4          | 10 010,3 | 2 951,9    | 41,8  |
| Всього   | 57 298            | 89 201,5 | 31 903,5   |       | 12 043,8         | 16 593,1 | 4 549,3    |       |

Найбільша динаміка спостерігається стосовно масла вершкового — 152,9%. Також відбулося значне зростання експорту молока (на 34,1%), молочної сироватки (на 33,8%) і маслянки (на 30%). Найменше, порівняно з досліджуваною продукцією, зріс експорт сирів на 12,4%. Слід відзначити, що Україна експортує широкий товарний асортимент молочної продукції і є одним із потужних експортерів молочної продукції.

Основними імпортними молочними продуктами є молочна сироватка, імпорт якої зріс на 89,8%, молоко та вершки, імпорт яких зріс на 42,7%. Також в 2017 р., порівняно з 2016 р., імпортували велику кількість сирів, частка яких зросла на 41,8% і маслянки, зростання імпорту якої сягнуло 39,6%. Помічаємо, що значно менше Україна почала імпортувати масла вершкового (в 2016 р. — 1083 т., а в 2017 р. — зменшення до 751,4 т., що становить 30,6%).

На наш погляд, доцільно проаналізувати обсяги експорту та імпорту молокопродуктів в Україні за 2016—2017 роки також у вартісному виразі (табл. 2).

Отже, в 2016 р. експорт української молочної продукції (табл. 2), становив 84 204,6 тис. дол., а в 2017р. зріс до 201 111 тис. дол. США.

Загалом, незважаючи на те, що Україна експортує значну кількість молочної продукції, помічаємо, що зростають також показники імпорту, особливо це відобразилося на таких продуктах, як сири всіх видів (57,8%), молочна

сироватка (47,5%), маслянка, коагульовані молоко та вершки, йогурт, кефір (42,5%), молоко та вершки (36,1%), сири всіх видів (27,5%). У цілому загальна вартість імпортованих молочних продуктів у 2017р. зросла з 40 276,5 тис. дол. до 6 1037,7 тис. дол., тобто на 20 761,2 тис. дол. США.

*Таблиця 2. Експорт та імпорт молокопродуктів в Україні за 2016—2017 рр., тис. дол. США, складено авторами за даними [8]*

| Найменування продукції   | Експорт за роками |           | Відхилення |       | Імпорт за роками |          | Відхилення |      |
|--|-------------------|-----------|------------|-------|------------------|----------|------------|------|
|  | 2016              | 2017      | +/-        | %     | 2016             | 2017     | +/-        | %    |
| Молоко та вершки, незгущені та без додання цукру чи інших підсолоджувальних речовин      | 5 430,2           | 9 733,7   | 4 303,5    | 79,3  | 1 061,5          | 1 444,2  | 382,7      | 36,1 |
| Маслянка, коагульовані молоко та вершки, йогурт, кефір та інші ферментовані або сквашені | 2 582,1           | 4 179,8   | 1 597,7    | 61,9  | 3 942,4          | 5 617,0  | 1 674,6    | 42,5 |
| Молочна сироватка  | 14 340,4          | 24 827,8  | 10 487,4   | 73,1  | 1 605,9          | 2 368,6  | 762,7      | 47,5 |
| Масло вершкове та інші жири, вироблені з молока; молочні пасти                           | 37 534,0          | 129 859,2 | 92 325,5   | 245,9 | 3 790,1          | 4 479,1  | 689        | 18,2 |
| Сири всіх видів і кисломолочний сир  | 24 317,9          | 32 510,3  | 8 192,4    | 33,7  | 29 876,5         | 47 128,8 | 17 252,3   | 57,8 |
| Всього   | 84 204,6          | 201 111   | 116 906    |       | 40 276,5         | 61 037,7 | 20 761,2   |      |

Цілком логічно постає питання: що гальмує розвиток експорту молочної продукції? На сьогодні основною слабкою ланкою залишається сировина. Це стосується її низької якості, що, у свою чергу, негативно впливає на якість готової продукції та загострює проблему її збуту, особливо на зовнішньому ринку.

Бажання відкрити європейський ринок спонукає виробників з іншої точки зору поглянути на важливість та необхідність вдосконалення якості продукції. Для того, щоб стати лідером на зовнішньоекономічному ринку, необхідно якісно організувати виробництво та забезпечити дотримання технологічних процедур, таких як: належна гігієна доїння, умови зберігання та транспортування молока (зокрема дотримання температурного режиму), обов'язкова ідентифікація тварин, здоров'я поголів'я, облік та утилізація молока тощо.

Відповідно до результатів аналізу експорту та імпорту молокопродуктів постає питання розробки комплексу науково-обґрунтованих економічних та організаційних заходів щодо підвищення конкурентоспроможності молочної продукції та розвитку підприємств молокопереробного підкомплексу. До таких рекомендаційних заходів можемо віднести:

- впровадження інноваційних технологій та реконструкція існуючих господарств із застосуванням сучасних розробок у галузі молочного скотарства (зокрема впровадження сучасних технологій утримання та годівлі тварин);



- покращення кормової бази на основі органічного землеробства;
- забезпечення взаємовигідних інтеграційних зв'язків «виробництво–переробка–збут» на основі комплексної державної програми розвитку молочної галузі;
- налагодження ефективної системи закупівлі молочної сировини у господарств населення та фермерських господарств, а саме створення пунктів заготівлі молока, які оснащені холодильним та лабораторним обладнанням для проведення первинних аналізів якості молока;
- сприяння та стимулювання проходженню міжнародної сертифікації національними молокопереробними підприємствами;
- надання інформаційної підтримки з боку державних органів влади вітчизняним виробникам щодо якості та безпечності молокопродуктів з метою адаптації підприємств галузі до європейських стандартів;
- підвищення рівня кваліфікованості та знань спеціалістів, відповідальних за проведення контролю якості молока та молокопродуктів згідно з міжнародними вимогами;
- надання державної підтримки виробникам молочної продукції;
- розробка спеціальних програм кредитування тощо.

У цілому, зважаючи на те, що молоко і молокопродукти є традиційними продуктами харчування для населення багатьох країн світу, і враховуючи, що темпи росту виробництва молока у світі є нижчими, ніж темпи росту чисельності населення, проблема експорту молокопродукції залишається надзвичайно актуальною.

### **Висновки**

Україна має потужний експортний потенціал, який необхідно підтримувати та розвивати, бо у світі попит на молоко та молочні продукти зростає, а наша країна має всі підстави для того, щоб завоювати більше іноземних ринків. Особливу увагу необхідно звертати на уніфіковані норми, стандарти та правила виробництва, зберігання молочної продукції, а також торгівлі нею відповідно до вимог Європейського Союзу. Також важливе значення має дотримання технічних і санітарних норм вітчизняної продукції, що експортується. Молочний сектор України має великі перспективи розвитку експортного потенціалу, але потрібно прикласти багато зусиль для того, щоб завоювати міжнародні ринки та отримати на них лідируючі позиції.

### **Література**

1. *Гуторов О.І.* Світові тенденції розвитку ринку молока / О.І. Гуторов // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства: Економічні науки. Вип. 112. — Харків : ХНТУСГ, 2011. — С. 3—8.
2. Економічна енциклопедія: у трьох томах / відповід. ред. С.В. Мочерний. — Київ : Видавничий центр «Академія», 2002. — Т. 3. — 952с.
3. *Козак О.А.* Основні тенденції розвитку світового ринку молока та молочної продукції / О.А. Козак // Економіка АПК. — 2007. — № 3. — С. 149—154.
4. *Ладика В.* Світовий молочний ринок : стан та перспективи / В. Ладика, О. Маслак // Пропозиція. — 2009. — № 4. — С. 31—33.

5. *Ліпич Л.* Моніторинг стану та перспектив розвитку ринку молока й молочних продуктів України / Л. Ліпич, О. Товстенюк, І. Білик // Економічний часопис Східноєвропейського національного університету імені Лесі Українки № 2. — 2016. — С. 56—63.
6. *Маслак О.* Світові тенденції молочного ринку / О. Маслак, Т. Хворост // Пропозиція. — 2010. — № 2. — С. 44—46.
7. Міністерство аграрної політики та продовольства України [Електронний ресурс] / Офіційний сайт. — Режим доступу : <http://www.minagro.gov.ua>
8. *Нейкова Л.І.* Проблеми виходу вітчизняних підприємств молокопереробного підкомплексу АПК на закордонні ринки / Л.І. Нейкова, К.Р. Маноха // Ефективна економіка [Електронний ресурс]. — Електрон. наук. фах. вид. № 12, 2013. — Режим доступу : <http://www.economy.nayka.com.ua>.
9. Офіційний веб сайт Державної служби статистики України [Електронний ресурс]. — Режим доступу : <http://www.ukrstat.gov.ua>.
10. *Радченко Е.Є.* Визначення сутності поняття «експортний потенціал країни» / Е.Є. Радченко // Вчені записки Університету «КРОК». — 2013. — Випуск 34. — С. 205—212.
11. *Солошонок А.Л.* Національні та світові тенденції розвитку ринку молока і молочних продуктів / А.Л. Солошонок, К.М. Куліш // Продуктивність агропромислового виробництва. економічні науки. — 2013. — Вип. 24. — С. 113—123. — Режим доступу : [http://nbuv.gov.ua/j-pdf/Pav\\_2013\\_24\\_19.pdf](http://nbuv.gov.ua/j-pdf/Pav_2013_24_19.pdf).
12. *Хворост Т.В.* Розвиток світового та національного ринків молочної продукції / Т.В. Хворост // Ефективна економіка [Електронний ресурс]. — Електрон. наук. фах. вид. № 11, 2014. — Режим доступу : <http://www.economy.nayka.com.ua>.
13. *Щербина С.В.* Зовнішньоторговельна політика України та її вплив на експортний потенціал молокопереробних підприємств / С.В. Щербина [Електронний ресурс]. — Режим доступу : <http://www.academy.gov.ua/ej/ej13/txts/Scherbina.pdf>.

## ECONOMIC CONTRADICTIONS OF GLOBALIZATION

**T. Nikitina**

*National University of Food Technologies*

**A. Boguslavskyy**

*Taras Shevchenko National University of Kyiv*

---

**Key words:**

*Economic contradictions  
Economic categories  
Research of economic  
contradictions  
Globalization*

---

**Article history:**

Received 02.07.2018  
Received in revised form  
24.07.2018  
Accepted 14.08.2018

---

**Corresponding author:**

T. Nikitina  
**E-mail:**  
npnuht@ukr.net

**ABSTRACT**

---

The paper investigates the economic contradictions of globalization. The notion of globalization is defined. The main directions, periods and stages of the study of economic contradictions in the history of economic thought are considered.

Five main periods of studying of economic contradictions are highlighted: basic period (2 thousand BC — 15th century AD), classical period (15th century AD — 2nd half of 19th century AD), critical period (2nd half of the 19th century — the twenties of the 20th century), system period (the twenties of the 20th century — the nineties of the twentieth century), modern period — a new synthesizing (the nineties of the twentieth century — modernity).

The effects of globalization processes on economies of countries, economic processes and phenomena are shown. The main economic contradictions of globalization are determined. Among them, the first is the contradiction between wider and more rational use of productive resources between poorest and richest countries in the world. Secondly, there is the intensification of competition in the world market, both between different firms and between different countries. Thirdly, the increase of the international division of labour is seen as a positive result for developed countries and negative for underdeveloped countries. The fourth consequence of globalization is the creation of international monopolies and the intensification of the competitive struggle between them. Fifthly, there are contradictions between the interests of transnational corporations (TNCs) and the interests of the national state in whose territory TNCs operate, etc.

The indexes of globalization (The Globalization Index by the version of KOF) and the Global Competitiveness Index of Ukraine, which have a complex contradictory dynamics in different years, are analysed.

The analysis of periods and stages of the study of economic contradictions in the paper can be widely used for the analysis of economic interests in modern processes of globalization and integration, regionalization, solving global problems of humanity.

---

**DOI:** 10.24263/2225-2924-2018-24-4-11

---

## ЕКОНОМІЧНІ СУПЕРЕЧНОСТІ ГЛОБАЛІЗАЦІЇ

Т.А. Нікітіна

Національний університет харчових технологій

О.В. Богуславський

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

У статті досліджено економічні суперечності глобалізації. Визначено поняття глобалізації. Розглянуті основні напрями, періоди та етапи дослідження економічних суперечностей в історії економічної думки.

Виділено п'ять головних етапів вивчення економічних суперечностей: початковий період (2 тис. до н. е. — 15 ст. н. е.), класичний період (15 ст. н. е. — друга половина 19 ст. н. е.), критичний період (друга половина 19 ст. н. е. — 20-і рр. 20 ст.), системний період (20-і рр. 20 ст. — 90-і рр. 20 ст.) та сучасний період — новий синтезуючий (90-і рр. 20 ст. — сучасність). Саме в сучасному періоді активізується вплив і, відповідно, наукове вивчення суперечностей глобалізації.

Показано наслідки впливу глобалізаційних процесів на економіки країн, економічні процеси та явища. Проаналізовано індекси глобалізації (*The Globalisation Index* за версією KOF) та глобальної конкурентоспроможності економіки (*The Global Competitiveness Index*) України. Визначено основні економічні суперечності глобалізації: по-перше, суперечності більш широкого та раціонального використання виробничих ресурсів між найбільш багатими та найбіднішими країнами; по-друге, зростання конкуренції на світовому ринку як між окремими фірмами, так і між різними країнами; по-третє, зростання міжнародного поділу праці є позитивним для розвинених країн і негативним для слаборозвинених країн; по-четверте, наслідком глобалізації є створення міжнародних монополій та інтенсифікація конкурентної боротьби між ними; по-п'яте, загострюються суперечності між інтересами транснаціональних корпорацій та інтересами національних держав, на території яких працюють транснаціональні корпорації.

Результати аналізу періодів та етапів економічних суперечностей будуть корисними при дослідженні економічних інтересів у сучасних процесах глобалізації та інтеграції, регіоналізації, вирішенні глобальних проблем людства.

Теоретичною і методичною основою дослідження є система загальнонаукових і спеціальних методів. Зокрема, метод аналізу, узагальнення та наукової абстракції застосовано для визначення історичних періодів та етапів економічних суперечностей і дослідження економічних суперечностей глобалізації.

**Ключові слова:** економічні суперечності, економічні категорії, дослідження економічних суперечностей, глобалізація.

**Постановка завдання.** Економічна суперечність — одна з найважливіших категорій економічної науки. Вона широко застосовується як у нормативній

економічній теорії при побудові понятійно-категоріального апарату, так і на практиці, при вивченні економічних процесів і явищ. Суперечності, що виникають в економіці, привертала увагу багатьох науковців в історії економічної думки. Але з настанням глобалізаційного періоду розвитку економіки економічні суперечності набули найбільшої гостроти, враховуючи потужність глобалізаційних процесів та їхніх наслідків для економік країн світу. Тому актуальним є дослідження й поглиблення знань щодо визначення та класифікації економічних суперечностей глобалізації, зокрема при розгляді економічних суперечностей глобалізації у загальній схемі періодів та етапів вивчення суперечностей в економічній науці. Виявлені економічні суперечності у подальших дослідженнях дадуть змогу знайти шляхи мінімізації негативних наслідків глобалізації як для економіки України, так і для інших країн, в яких відбуваються складні процеси суспільно-економічної трансформації.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Теоретичні засади такої економічної категорії, як економічна суперечність досліджувались багатьма вченими (К. Маркс, Ф. Енгельс, Л. Абалкін, І. Радіонова, А. Чухно, В. Іноземцев, В. Геєць, А. Гальчинський, В. Тарасевич та ін.). Так, Л. Абалкін, І. Радіонова, В. Тарасевич зосередились на вивченні суперечностей перехідних економік. В. Іноземцев та А. Чухно досліджували економічні суперечності постіндустріального суспільства [1, с. 149—150]. В. Геєць, А. Гальчинський розглядають суперечностей суспільно-економічного розвитку України в сучасному глобальному середовищі [2].

Вивченню різноманітних аспектів, пов'язаних з процесом глобалізації та діяльністю транснаціональних корпорацій як провідної сили в сучасній економіці, присвячені праці вітчизняних і зарубіжних авторів, серед яких Ф. Губайдулліна, Г. Мерніков, В. Новицький, О. Плотніков, В. Рокоча, С. Удовик, А. Шевцов та ін. [3—6]. Дослідженню ролі та впливу транснаціональних корпорацій у глобальній економіці присвячена праця М. Шимаї [7]. Є. Уткін, М. Єскіндаров досліджують фінансово-промислові групи, їх суперечливий вплив на сучасну економіку [8].

Водночас подальшого дослідження потребує визначення і класифікація економічних суперечностей глобалізації, враховуючи те, що глобалізація — це процес, пов'язаний зі зростаючою економічною відкритістю, ростом економічної взаємозалежності, що все більше впливає на загальні тенденції розвитку світової економіки.

**Метою статті** є виділення економічних суперечностей, що виникають на сучасному, глобалізаційному етапі розвитку суспільства та їх аналіз у загальній схемі періодів і етапів вивчення суперечностей в економічній науці.

**Викладення основних результатів дослідження.** Категорія економічні суперечності веде свій родовід від філософських суперечностей. Категорії філософських, суспільних, економічних суперечностей здійснюють взаємовплив одна на одну. Екскурс в історію економічної думки дає можливість умовно представити періоди та основні етапи дослідження економічних суперечностей [9, с. 74—81]. Початковий період (2 тис. до н. е. — 15 ст. н. е.) складається з таких етапів дослідження: інтуїтивний стародавній (виявлення суперечностей у бутті, суспільному житті, господарстві та управлінні ним,

окреслення суперечностей у збірках законів і трактатах); античний етап (побудова за допомогою суперечностей категоріально-понятійного апарату (Сократ, Платон), їх визначення (Аристотель) та виявлення. Використання при аналізі рабовласницького ладу (Ксенофонт, Катон, Варрон, Коллумела); донауковий етап (розгляд суперечностей між матеріальним і духовним світом, дослідження морально-етичних суперечностей у поведінці, житті окремої людини і суспільства (Августин Блаженний) — визначення справедливої ціни, відсотку.

Наступний період дослідження економічних суперечностей — класичний (15 ст. н. е. — друга половина 19 ст. н. е.), представлено такими етапами: меркантилістичний (дослідження суперечностей товарного і грошового обігу, торговельного балансу, багатства, грошей, міжнародної торговельної політики тощо); етап ранніх наукових досліджень (англійська емпірична філософія (Ф. Бекон) — вилучення та відмова від вживання суперечностей); етап зародження суспільних наук, Реформація, просвітництво (виявлення суперечностей між класами, групами людей, їх інтересами (Т. Гобс, К. Гельвецій), виділення політичних, економічних, соціальних суперечностей); німецька класична філософія (побудова філософської системи категорій і законів, у тому числі на основі розвитку руху, становлення суперечностей (І. Кант, Г. Гегель, І. Фіхте, Л. Фейєрбах); англійська політична економія (розробка внутрішніх суперечностей капіталізму, торгівлі); утопічно-соціалістичний (класові суперечності, суперечності виробництва, бідності, колективна гармонізація суперечностей); марксистський, формаційний (вивчення суперечностей господарювання, виділення антагоністичних суперечностей інтересів, класів, капіталізму).

Третій період — критичний (друга половина 19 ст. н. е. — 20-і рр. 20 ст.). Етапи дослідження: етап ревізійнізму, критики марксизму (дослідження суперечностей господарської свободи, еволюційне вирішення суперечностей капіталізму, вирішення міждержавних суперечностей за допомогою наднаціональних об'єднань (Е. Бернштейн, Р. Гільфердінг, К. Каутський)); етап історичної школи (дослідження суперечностей національних господарств, промислового зростання, торговельної політики, ролі держави (Ф. Ліст). Визнання еволюційного розвитку, стратегія поступок як спосіб розв'язання соціальних суперечностей); неокласичний етап (відмова від дослідження класових суперечностей); інституціональний етап (дослідження неекономічних факторів впливу, наприклад: звичаїв, традицій тощо на господарську поведінку людей).

Системний період (20-і рр. 20 ст. — 90-і рр. 20 ст.) охоплює такі етапи: етап створення соціалістичного господарства (суперечностей першого переходу від капіталізму до соціалізму, суперечності руху до планової економіки, суперечності соціалізму і капіталізму); кейнсіанський етап (розгляд суперечностей макроекономічної рівноваги, державного регулювання, поведінки суб'єктів, ефективного попиту, зайнятості, економічної політики, тощо); етап неолібералізму (аналіз суперечностей ефективності та розподільчих механізмів плану, свободи, способів координації та управління, прийняття рішень (Л. Мізес, Ф. Хайєк); системо утворюючий етап в СРСР 40—90-х рр. 20 ст. (розгляд суперечностей централізованого планування та ринкового регулювання

і можливостей їх поєднання в соціалістичній системі (Я. Кронрод, В. Степанян); етап неокласики і неокласичного синтезу (суперечності ринку і державного регулювання, необхідність використання як ринкових, так і планових методів управління економікою, суперечності теорій суспільного розвитку (Дж. Робінсон, Й. Шумпетер, Дж. Гелбрейт)); цивілізаційний етап (розгляд суперечностей між доіндустріальним, індустріальним та постіндустріальним способами виробництва); етап критики та реформування соціалістичної системи (суперечності початку ринкових перетворень, дефіциту, галузевої і структурної незбалансованості, ефективності, джерел суспільного розвитку (Я. Корнаї, О. Ланге, Л. Абалкін, Е. Лортікян, А. Чухно).

П'ятий, сучасний період дослідження економічних суперечностей — новий синтезуючий (90-і рр. 20 ст. — сучасність), складається з таких етапів [2]: трансформаційний (досліджуються різноманітні суперечності переходу до змішаної економіки, макроекономічної стабілізації, приватизації та лібералізації, трансформації інститутів, взаємодії різних факторів реформ, вивчення особливостей груп перехідних економік (Дж. Стігліц, Гж. Колодко)); наступний етап — критика наукової парадигми (суперечності між емпіризмом і раціоналізмом, створенням системного моделювання (Ч. Уїлбер, Р. Харрісон), радикального раціоналізму, методологічного плюралізму; нерівноважний метод (Дж. Сорос)).

Наступний етап дослідження економічних суперечностей — глобалізаційний. Зупинимось на ньому більш докладно. В економічній науці вивченню різних аспектів, пов'язаних з процесом глобалізації та діяльністю транснаціональних корпорацій як провідної сили в сучасній економіці присвячені праці вітчизняних і зарубіжних авторів, серед яких Ф. Губайдулліна, Г.І. Мерніков, В. Новицький, О. Плотніков, В. Рокоча, С. Удовик, М. Шимаї, А.І. Шевцов та ін. [3—7].

Зокрема, українська економічна енциклопедія дає таке визначення: «Глобалізація (фр. global — загальний, всесвітній, від лат. globus — куля) — категорія, яка відображає процес обміну товарами, послугами, капіталом та робочою силою, що виходить за межі державних кордонів і з 60-х років ХХ ст. набуває форм постійного неохитно зростаючого міжнародного переплетіння національних економік. ... характеризується перманентністю темпів зростання світової торгівлі та валового внутрішнього продукту в усіх розвинутих країнах. Глобалізація виявляється у розширенні проникнення компанії в економіку зарубіжних країн за допомогою експорту, а в широкому значенні — за допомогою іноземних інвестицій ...» [11, с. 264].

Як зазначають В.Д. Базилевич та К.С. Базилевич, «глобалізація — всеохоплюючий процес трансформації світового співтовариства у відкриту цілісну систему інформаційно-технологічних, фінансово-економічних, суспільно — політичних, соціально-культурних взаємозв'язків та взаємозалежностей» [12, с. 126].

Глобалізація трактується А.А. Стриженко як «процес територіальної експансії суб'єктів зовнішньоекономічної діяльності по всьому світу, їх проникнення на максимальну кількість ринків. Вона визначається як зростаюче інтегрування окремих країн у світову економіку, що пропонує виміряти

часткою, яка складає чистий експорт країни в загальному обсязі валового внутрішнього продукту» [13, с. 3].

Ми визначаємо глобалізацію як загальний суспільно-економічний процес подальшої інтеграції національних економік та перетворення їх в органічно цілісне світове господарство [14, с. 182].

На сьогодні серед вчених не існує однозначної позиції щодо доцільності глобалізації та необхідності поглиблення інтеграційних процесів. Існують кардинально протилежні погляди на оцінку такого явища, як глобалізація. З одного боку, глобалізація розглядається як ключовий феномен майбутнього світового розвитку. З іншого — чітко виражене негативне ставлення до глобалізації та обвинувачення її в розростанні розбіжностей всередині країни і між країнами, загроза зайнятості та життєвим стандартам.

На наш погляд, обидві ці думки мають право на існування [14, с. 185]. Так, з одного боку, наслідком глобалізації стали фінансові кризи в 90-х роках ХХ ст. в Росії, Бразилії, Індонезії, Мексиці та ін. З іншого, більшість цих країн не досягли б відчутних темпів зростання, якби були ізольовані від глобальних ринків капіталу. Але факт прогресуючих ускладнень глобальних процесів визнається як противниками, так і прихильниками процесу глобалізації і системної інтеграції.

Існують як позитивні, так і негативні наслідки глобалізації економіки. Найчастіше, одні і ті ж наслідки можуть трактуватися і як позитивні, і як негативні, тобто ми спостерігаємо конкретні суперечності процесу глобалізації. Отже, до основних суперечностей глобалізації можна віднести, по-перше, те, що процеси глобалізації надають можливість більш широкого і раціонального використання виробничих ресурсів різними країнами. Промислово-розвинені країни отримують кваліфіковану робочу силу з інших країн, що є позитивним наслідком розвитку глобалізації. У той же час цей наслідок можна розглядати як негативний для тих країн, які втрачають своїх кваліфікованих робітників.

По-друге, позитивним наслідком глобалізації є загострення конкурентної боротьби на світовому ринку. Але цей наслідок є негативним для країн, що розвиваються і, частково, для країн з трансформаційною економікою, оскільки гостра конкурентна боротьба сприяє лише найсильнішим, найпотужнішим суб'єктам світової економіки і залишає назавжди на периферії більш слабких.

Подібні тенденції можна спостерігати аналізуючи індекси глобалізації (The Globalisation Index за версією KOF) та глобальної конкурентоспроможності економіки (The Global Competitiveness Index) України, які мають складну й суперечливу динаміку у різних роках.

Зазначимо, що Індекс глобалізації створено у 2002 р. у Швейцарському економічному інституті (KOF Swiss Economic Institute) за участі Федерального швейцарського технологічного інституту (Swiss Federal Institute of Technology). Цей індекс включає в себе більше 20 різних показників, які об'єднані в три базові групи з ваговими коефіцієнтами (відповідно, 36%, 39% та 25%):

1) показники економічної глобалізації (обсяг міжнародної торгівлі, рівень ділової активності тощо);



2) показники соціальної глобалізації (міжнародний туризм, рівень культурної інтеграції тощо);

3) показники політичної глобалізації (членство країни в міжнародних організаціях і місіях, ратифікації міжнародних договорів тощо).

Чим вище значення цього індексу для певної країни, тим вищий рівень її глобалізації [15]. Динаміку цього індексу за 1992—2015 рр. для України відображено в табл. 1.

*Таблиця 1. Індекс глобалізації України за 1992—2015 рр. (за версією KOF) [15]*

| Year | Economic globaliz. | Actual flows | Restrictions | Social globaliz. | Personal contact | Information flows | Cultural proximity | Political globaliz. | Overall globaliz. index |
|------|--------------------|--------------|--------------|------------------|------------------|-------------------|--------------------|---------------------|-------------------------|
| 1992 | 35,98              | 21,38        | 50,58        | 28,17            | 40,09            | 39,72             | 2,79               | 42,03               | 34,76                   |
| 1993 | 38,96              | 23,97        | 53,95        | 28,77            | 42,30            | 39,34             | 2,79               | 45,03               | 36,87                   |
| 1994 | 41,88              | 28,61        | 55,15        | 33,86            | 49,49            | 47,02             | 2,79               | 49,56               | 41,04                   |
| 1995 | 47,24              | 37,88        | 56,60        | 36,78            | 48,55            | 56,14             | 2,79               | 52,76               | 44,90                   |
| 1996 | 48,16              | 39,47        | 56,84        | 37,41            | 47,68            | 58,70             | 2,79               | 58,72               | 47,10                   |
| 1997 | 48,39              | 39,23        | 57,56        | 51,79            | 50,87            | 68,20             | 34,30              | 64,20               | 54,01                   |
| 1998 | 52,14              | 45,11        | 59,16        | 53,54            | 49,87            | 72,39             | 36,16              | 63,14               | 55,69                   |
| 1999 | 56,28              | 52,73        | 59,84        | 52,83            | 48,92            | 70,62             | 36,89              | 66,67               | 57,87                   |
| 2000 | 59,28              | 57,15        | 61,40        | 54,09            | 50,22            | 72,33             | 37,61              | 70,69               | 60,51                   |
| 2001 | 49,73              | 52,28        | 47,19        | 56,18            | 54,14            | 73,80             | 38,51              | 75,28               | 59,16                   |
| 2002 | 50,16              | 50,83        | 49,49        | 56,42            | 55,05            | 74,90             | 37,09              | 75,22               | 59,38                   |
| 2003 | 49,07              | 51,64        | 46,51        | 57,41            | 56,31            | 76,36             | 37,27              | 77,65               | 60,03                   |
| 2004 | 51,46              | 52,57        | 50,34        | 57,46            | 55,81            | 77,11             | 37,09              | 79,21               | 61,33                   |
| 2005 | 54,52              | 55,62        | 53,42        | 58,04            | 57,56            | 77,47             | 36,72              | 80,04               | 62,86                   |
| 2006 | 55,57              | 58,05        | 53,08        | 57,83            | 57,28            | 75,94             | 38,05              | 81,13               | 63,45                   |
| 2007 | 58,72              | 61,31        | 56,13        | 57,83            | 56,04            | 77,80             | 37,25              | 84,27               | 65,43                   |
| 2008 | 60,37              | 62,84        | 57,91        | 59,04            | 57,44            | 79,65             | 37,53              | 84,50               | 66,53                   |
| 2009 | 66,02              | 72,46        | 59,57        | 58,59            | 54,84            | 79,43             | 39,08              | 84,06               | 68,25                   |
| 2010 | 63,50              | 70,61        | 56,39        | 59,33            | 55,15            | 82,15             | 38,03              | 84,30               | 67,70                   |
| 2011 | 64,48              | 72,79        | 56,17        | 59,81            | 55,87            | 82,03             | 38,95              | 84,54               | 68,29                   |
| 2012 | 65,79              | 71,68        | 59,90        | 59,95            | 56,04            | 83,15             | 37,96              | 85,52               | 69,07                   |
| 2013 | 67,82              | 73,55        | 62,09        | 61,05            | 56,84            | 85,12             | 38,37              | 85,74               | 70,26                   |
| 2014 | 68,42              | 75,09        | 61,74        | 61,05            | 54,15            | 87,84             | 38,12              | 84,90               | 70,24                   |
| 2015 | 56,22              | 75,08        | 66,13        | 65,40            | 56,65            | 85,43             | 51,86              | 90,19               | 70,60                   |

Аналізуючи вищенаведені дані, можна побачити, що індекс глобалізації України за 1992—2015 рр. має загалом стійку позитивну динаміку і, незважаючи на незначні коливання у деяких роках, загалом демонструє зростаючий висхідний тренд (табл. 1). Загалом, індекс глобалізації України (Overall globalization index) зріс із 34,76 у 1992 р. до 70,60 у 2015 році. Три основні складові індексу глобалізації — індекс економічної глобалізації (Economic globalization), індекс соціальної глобалізації (Social globalization) та індекс політичної глобалізації (Political globalization) зросли, відповідно, з 35,98, 28,17 та 42,03 у 1992 до 56,22, 65,40 та 90,19 у 2015 р. [15].

Розглянемо динаміку індексу глобальної конкурентоспроможності України, щоб порівняти загальний тренд цього індексу з індексом глобалізації України. Необхідно зазначити, що індекс глобальної конкурентоспроможності (The Global Competitiveness Index — GCI) (далі — ІГК) розраховується фахівцями Всесвітнього економічного форуму (World Economic Forum — WEF) з 2004 року. Індекс «розроблений для оцінки потенціалу зростання країн у середньостроковій та довгостроковій перспективі, з огляду на поточний рівень розвитку та з усвідомленням того факту, що конкурентоспроможність — “це набір інституцій, політик і факторів, які визначають рівень продуктивності країни”» [16, с. 14].

ІГК розраховується на основі більш ніж 110 параметрів, з яких близько третини отримують як статистичні дані з міжнародних організацій, а решта — «це дані, отримані внаслідок опитування керівників підприємств, яке проводиться щороку за методологією Всесвітнього економічного форуму в усіх країнах» [16 с. 17]. У свою чергу, ці дані групуються відповідно до методології ВЕФ за основними 12 складовими: 1) державні та приватні інституції; 2) інфраструктура; 3) макроекономічна стабільність; 4) охорона здоров'я та початкова освіта; 5) вища освіта та професійна підготовка; 6) ефективність ринку товарів; 7) ефективність ринку праці; 8) рівень розвитку фінансового ринку; 9) оснащення новітніми технологіями; 10) розмір ринку; 11) рівень розвитку бізнесу; 12) інновації. [16, с. 14—15].

На основі аналізу нижче наведених даних (табл. 2) можна відмітити, що індекс глобальної конкурентоспроможності України не має такої стійкої та чітко вираженої висхідної динаміки, як індекс глобалізації України.

*Таблиця 2. Динаміка індексу глобальної конкурентоспроможності України та деяких країн-сусідів за 2004—2018 рр., складено авторами за джерелами [18—21]*

| Країна    | 2004—<br>2005<br>роки | 2008—<br>2009<br>роки | 2012—<br>2013<br>роки | 2013—<br>2014<br>роки | 2014—<br>2015<br>роки | 2015—<br>2016<br>роки | 2016—<br>2017<br>Роки | 2017—<br>2018<br>Роки |
|-----------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Україна   | 86                    | 72                    | 73                    | 84                    | 76                    | 79                    | 85                    | 81                    |
| Грузія    | 94                    | 90                    | 77                    | 72                    | 69                    | 66                    | 59                    | 67                    |
| Польща    | 60                    | 53                    | 41                    | 42                    | 43                    | 41                    | 36                    | 39                    |
| Росія     | 70                    | 51                    | 67                    | 64                    | 53                    | 45                    | 43                    | 38                    |
| Туреччина | 66                    | 63                    | 43                    | 44                    | 45                    | 51                    | 55                    | 53                    |

Так, за 2004—2018 рр. індекс глобальної конкурентоспроможності України зріс лише на 5 позицій, в той час як у країнах-сусідах аналогічне зростання склало від 13 позицій у Туреччині до 27 позицій у Грузії й 32 позицій у Росії [18—21]. Тобто зростання глобальної конкурентоспроможності економіки України не є таким же стрімким і однозначним, як індексу глобалізації України.

Якщо розглянути динаміку одного з найважливіших показників економічного розвитку країни — номінальний ВВП на душу населення, то за даними МВФ у 2017 р. Україна зайняла 131 позицію серед 186 країн світу — 2 194 дол. США [22].

У той же час у 1990 р. за різними оцінками номінальний ВВП на душу населення складав 1819 дол. США — 106 позиція серед країн світу. Загалом, за 1992—2016 рр. частка України у світовому ВВП за різними підрахунками скоротилась з 0,37% у 1991 р. до 0,12% у 2016, тобто зменшилась майже втричі [23].

Отже, на основі наведених у табл. 1 і 2 даних, а також вищевикладеної аналітичної інформації можна зробити висновок, що підвищення рівня глобалізації України супроводжується та водночас відбувається за рахунок втрати нашою країною своїх конкурентних позицій, у тому числі науково-виробничого потенціалу (зокрема зменшення частки України у світовому ВВП). Це відбувається як унаслідок дії об'єктивних суперечностей глобалізації — переважної реалізації в процесах міжнародної інтеграції економічних інтересів більш сильних світових гравців (країн-світових лідерів та інтеграційних об'єднань). Також діє низка суб'єктивних причин — затяжна кризова пост-соціалістична трансформація, суспільно-політична нестабільність тощо.

Наступна економічна суперечність глобалізації полягає у тому, що збільшення міжнародного поділу праці розглядається як позитивний результат глобалізації. У той же час цей результат є негативним для слаборозвинених країн, перетворюючи ці країни в сировинні придатки і «бананові республіки».

Також економічною суперечністю є те, що негативним наслідком глобалізації є створення міжнародних монополій і посилення конкурентної боротьби між ними, хоча саме посилення конкурентної боротьби між монополіями можна розглядати як позитивний результат.

Крім того, існують суперечності між інтересами флагманів глобалізації транснаціональними корпораціями (ТНК) та інтересами національних держав, на території яких працюють ТНК. До таких суперечностей можна віднести [24, с. 14—16]:

- використання робочої сили на небезпечних виробництвах з неадекватним рівнем оплати, що веде до руйнування соціального капіталу країни;
- знищення лісів і рибних промислів, вичерпання природних ресурсів, продаж токсичних хімічних речовин, які не розкладаються природним шляхом. Все це призводить до руйнування природного капіталу держави;
- скорочення інвестицій в наукові дослідження і підготовку наукових кадрів, зменшення кількості працюючих, закриття національних підприємств;
- шкідливе виробництво, яке призводить до погіршення стану навколишнього середовища і загрожує здоров'ю нації. У довгостроковій перспективі це призводить до погіршення життєздатності суспільства в цілому;
- вимоги для потреб транснаціональних корпорацій прямих субсидій, фінансової підтримки інфраструктури, пільгових режимів порівняно з національними підприємствами. Це призводить до зниження рівня конкурентоспроможності національних підприємств і, в результаті, до банкрутства та закриття виробництва.

Домінуючими суперечностями глобалізації, на думку багатьох сучасних вчених-глобалістів, зокрема Ф.А. О'Хара, є суперечності системної трансформації та дерегуляції економіки, формування інституційного середовища,

сприйняття інновацій і технологічних нововведень, швидкої реакції на зміни в глобальному середовищі тощо [25, с. 18—21].

Окремо можна виділити суперечності, що виникають у процесі економічної інтеграції України в глобальне світове господарство:

- між національними, регіональними та глобальними інтересами;
- між експортерами та імпортерами;
- між захистом внутрішнього ринку і зовнішньоекономічною експансією тощо.

Отже, процеси глобалізації спричиняють суперечливі наслідки для країн з різним рівнем економічного розвитку і для світової економіки загалом.

### **Висновки**

На основі проведеного дослідження економічних суперечностей в історичному ракурсі та економічних суперечностей глобалізації можна зробити такі висновки: виявлені економічні суперечності в економічній науці доцільно використовувати при аналізі рушійних сил розвитку суспільства, важливих чинників економічних явищ, причин і наслідків помилок в управлінських рішеннях, виявленні розбіжностей між теорією і практикою, дослідженні протилежних моментів господарських процесів. Особливої уваги потребує дослідження та виявлення економічних суперечностей, що виникають на сучасному етапі глобалізації, враховуючи те, що глобалізація — це процес, пов'язаний зі зростаючою економічною відкритістю, ростом економічної взаємозалежності, поглибленням інтеграції у світову економіку.

До основних економічних суперечностей глобалізації можна віднести: по-перше, суперечності більш широкого та раціонального використання виробничих ресурсів між найбіднішими та найбагатшими країнами; по-друге, зростання конкуренції на світовому ринку як між окремими фірмами, так і між різними країнами; по-третє, зростання міжнародного поділу праці є позитивним для розвинених країн і негативним для слаборозвинених країн; по-четверте, наслідком глобалізації є створення міжнародних монополій та інтенсифікація конкурентної боротьби між ними; по-п'яте, загострюються суперечності між інтересами транснаціональних корпорацій і інтересами національних держав, на території яких працюють транснаціональні корпорації.

Аналіз індексів глобалізації (The Globalisation Index за версією KOF) та глобальної конкурентоспроможності економіки (The Global Competitiveness Index) України, показав, що індекс глобалізації України за 1992—2015 рр. має загалом стійку позитивну динаміку і, незважаючи на незначні коливання у деяких роках, загалом демонструє зростаючий висхідний тренд. У той же час індекс глобальної конкурентоспроможності України зростає набагато повільніше, ніж у країн-сусідів. Загалом, підвищення рівня глобалізації України супроводжується втратою нашою країною своїх конкурентних позицій, у тому числі науково-виробничого потенціалу. Це відбувається як внаслідок дії об'єктивних суперечностей глобалізації, так і впливу цілої низки суб'єктивних причин і факторів, які необхідно враховувати при здійсненні інтеграційної політики, щоб мінімізувати економічні збитки й отримувати позитивні результати від міжнародної інтеграції для України.

Результати аналізу періодів та етапів дослідження економічних суперечностей в економічній науці, а також економічних суперечностей глобалізації будуть корисними при дослідженні економічних інтересів в сучасних процесах глобалізації та інтеграції, регіоналізації, вирішенні глобальних проблем людства.

Безпосереднім доробком авторів є виділення та розгляд економічних суперечностей глобалізації у загальній схемі періодів і етапів вивчення суперечностей в економічній науці. Врахування та пошук напрямків гармонізації виявлених економічних суперечностей у подальших дослідженнях дасть змогу знайти шляхи мінімізації негативних наслідків глобалізації як для економіки України, так і для інших країн, в яких відбуваються складні процеси суспільно-економічної трансформації.

### **Література**

1. *Иноземцев В.Л.* Постиндустриальное хозяйство и постиндустриальное общество (К проблеме социальных тенденций XXI века) / В.Л. Иноземцев // *Общественные науки и современность*. — 2001. — № 3. — С. 140—152.
2. *Гець В.М.* Про єдність і суперечності у розвитку суспільства, держави та економіки / В.М. Гець // *Економіка України*. — 2012. — № 11. — С. 4—22 [Електронний ресурс]. — Режим доступу : [http://nbuv.gov.ua/UJRN/EkUk\\_2012\\_11\\_2](http://nbuv.gov.ua/UJRN/EkUk_2012_11_2).
3. *Удовик С.Л.* Глобализация: семиотические подходы / С.Л. Удовик. — Москва : «Рефл-бук», Киев : «Ваклер», 2002. — 480 с.
4. *Губайдуллина Ф.* Прямые иностранные инвестиции, деятельность ТНК и глобализация / Ф. Губайдуллина // *Мировая экономика и международные отношения*. — 2003. — № 2. — С. 42—47.
5. Транснаціональні корпорації: навчальний посібник [Текст] / Под. ред. В. Рокоча, О. Плотніков, В. Новицький та ін. — Київ : Таксон, 2001. — 304 с.
6. Україна в геоeкономічній парадигмі світу ТНК: Монографія / А.І. Шевцов, Г.І. Мерніков. — Днепропетровск : Национальный институт стратегических исследований, Днепропетровский филиал, 2004. — 122 с.
7. *Шимаи М.* Роль и влияние транснациональных корпораций в глобальных сдвигах в конце XX столетия / М. Шимаи // *Проблемы теории и практики управления*. — 1999. — № 3 — 76 с.
8. *Уткин Э.А.* Финансово-промышленные группы / Э.А. Уткин, М.А. Эскиндаров Москва : Изд-во ЭКМОС, 1998. — 256 с.
9. *Богуславський О.В.* Природа та характер економічних суперечностей / О.В. Богуславський // *Наукові праці аспірантів економічного факультету*: Зб. наук. пр. — Київ : ЗАТ НІЧЛІАВА, 2005. — С. 73—83.
10. *Богуславский А.В.* Экономические противоречия: основные периоды и этапы изучения [Электронный ресурс] / А.В. Богуславский, Т.А. Никитина // *SCI-ARTICLE.RU*. 2018. URL. № 56, апрель 2018. — Режим доступа : <http://sci-article.ru/stat.php?i=1522-864641>.
11. *Економічна енциклопедія: У трьох томах. Т1* / Редкол.: С.В. Мочерний (відп. Ред.) та ін. — Київ : Видавничий центр «Академія», 2000. — 864с.
12. *Базилевич В.Д.* Ринкова економіка: основні поняття і категорії / В.Д. Базилевич, К.С. Базилевич. — Навч. посіб. — Київ : Знання, 2006. — 263 с.
13. *Стриженко А.А.* Глобализация мировой экономики: Инвестиционный аспект. — Барнаул: Издательство АлтГТУ, 2000. — 251 с.
14. *Нікітіна Т.А.* Вплив концентрації та централізації капіталу на глобальну та національну економіку / Т.А. Нікітіна // *Теоретичні та прикладні питання економіки: зб. наук. праць*. — Київ : КНУ, 2009. — Вип. 20. — С. 181—187.

15. The KOF Globalisation Index — Revisited [Електронний ресурс] / KOF Swiss Economic Institute. — Режим доступу : [https://www.research-collection.ethz.ch/bitstream/handle/20.500.11850/238666/KOF\\_Globalisation%20Index\\_Revisited.pdf?sequence=7&isAllowed=y](https://www.research-collection.ethz.ch/bitstream/handle/20.500.11850/238666/KOF_Globalisation%20Index_Revisited.pdf?sequence=7&isAllowed=y).

16. *Маргарета Дрзенік Хану* Оцінка продуктивності країн та регіонів: Індекс глобальної конкурентоспроможності. [Електронний ресурс] / Маргарета Дрзенік Хану, Т'єррі Гейгер. — Всесвітній економічний форум. 20 с. — Режим доступу : [http://www.feg.org.ua/docs/metodologia2010\\_UKR.pdf](http://www.feg.org.ua/docs/metodologia2010_UKR.pdf)

17. KOF Globalisation Index [Електронний ресурс] / KOF Swiss Economic Institute. — Режим доступу : <https://www.kof.ethz.ch/en/forecasts-and-indicators/indicators/kof-globalisation-index.html>.

18. Позиція України в рейтингу країн світу за індексом глобальної конкурентоспроможності 2017—2018 [Електронний ресурс] / Економічний дискусійний клуб. — Режим доступу : <http://edclub.com.ua/analityka/pozyciya-ukrayiny-v-reytingu-krayin-svitu-za-indeksom-globalnoyi-konkurentospromozhnosti-2>.

19. The Global Competitiveness Report 2004—2005 [Електронний ресурс] / World Economic Forum in collaboration with IESE Business School. — 2005. — Режим доступу : [http://www.ieseinsight.com/casos/study\\_0035.pdf](http://www.ieseinsight.com/casos/study_0035.pdf).

20. The Global Competitiveness Report 2008—2009 [Електронний ресурс] / World Economic Forum. — Geneva, — 2008. — Режим доступу : [http://www3.weforum.org/docs/-WEF\\_GlobalCompetitivenessReport\\_2008-09.pdf](http://www3.weforum.org/docs/-WEF_GlobalCompetitivenessReport_2008-09.pdf).

21. The Global Competitiveness Report 2017—2018 [Електронний ресурс] / World Economic Forum. — 2018. — Режим доступу : <http://www3.weforum.org/docs/GCR2017-2018/05FullReport/TheGlobalCompetitivenessReport2017%E2%80%932018.pdf>.

22. IMF World Economic Outlook Database-April 2018 [Електронний ресурс] / International Monetary Fund. — April 2018. — Режим доступу : <http://www.imf.org/external/pubs/-ft/weo/2018/01/weodata/weorept.aspx?sy=2017&ey=2018&scsm=1&ssd=1&sort=country&ds>.

23. *Кушнір І.* Валовий внутрішній продукт України, 1990—2016 [Електронний ресурс] / І. Кушнір. — Режим доступу до ресурсу: <http://be5.biz/makroekonomika/gdp/-ua.html>.

24. *Нікіміна Т.А.* Вплив діяльності транснаціональних корпорацій на національні економіки // Актуальні проблеми розвитку підприємницької діяльності в Україні: зб. наук. праць. — Київ : КНУ, 2009. — Вип. 9. — С. 11—16.

25. *O'Hara Ph. A.* The contradictory dynamics of globalization / Globalization and the Third World : a study of negative consequences. — Basingstoke, Hampshire [u.a.]: Palgrave Macmillan, — 2006. — P. 17—35.

## MODELS OF INTEGRATED MARKETING COMMUNICATIONS OF TOURIST ENTERPRISES

**L. Strashynska**

*National University of Food Technologies*

**T. Samonova**

*Kyiv University of Tourism, Economics and Law*

---

**Key words:**

*Communications  
integrated marketing  
communications  
Models of integrated  
marketing  
communications  
Synergistic effect*

---

**Article history:**

Received 10.07.2018  
Received in revised form  
31.07.2018  
Accepted 23.08.2018

---

**Corresponding author:**

L. Strashynska  
**E-mail:**  
vip1967@ukr.net

**ABSTRACT**

The strategic competitive advantages of enterprises in the tourist services market are investigated, and it is determined that the formation of the strategy of marketing communications should be combined with the use of innovative ways and methods for managing the promotion of travel services.

The strategic goal of development of tourist sphere in Ukraine, which involves the use of mechanisms of macro regulation, rational methods of management and competent organization of promotion of tourism product, is formulated. Different points of view of researchers concerning definition of the essence of the concept of "communication" are analyzed and the author's definition of this concept is presented.

Various models of integrated marketing communications (G. Burnett and S. Moriarty, V. Buzina, A. Arlantseva and E. Popov) are analyzed and their advantages and disadvantages are described.

It is argued that the most successful model is the integrated marketing communications, aimed at the emergence of a synergistic effect with the successful combination of elements of marketing message, transmitted by various means of communication influence. It is proved that the prerequisites for the emergence of a synergistic effect of marketing communications are related not only and not so much with the possible integration of communication means by increasing the frequency of messages and increasing the coverage of the target audience of tourist enterprises, as with the presence of different types of thinking, perception and processing of information inherent in man, and also the difference between the stereotypes it has.

It is determined that most models, based on a variety of approaches to the IMC, are mainly analogous in nature, which does not allow tourism enterprises to conduct scenario calculations and to predict the dynamics of sales in the application of marketing communications. It is substantiated that for the enterprises of the sphere of tourism, where competition at the present stage becomes rather high, a more detailed model of the IMC is needed which will allow competently to compare the necessary systems of marketing communications and establish the relationship between marketing and internally brand communications.

---

**DOI:** 10.24263/2225-2924-2018-24-4-12

---

## МОДЕЛІ ІНТЕГРОВАНІХ МАРКЕТИНГОВИХ КОМУНІКАЦІЙ ТУРИСТИЧНИХ ПІДПРИЄМСТВ

Л.В. Страшинська

Національний університет харчових технологій

Т.Б. Самонова

Київський університет туризму, економіки і права

*У статті досліджено стратегічні конкурентні переваги підприємств на ринку туристичних послуг, а також визначено, що формування стратегії маркетингових комунікацій повинно поєднуватись з використанням інноваційних шляхів і методів управління просуванням туристичних послуг.*

*Сформульовано стратегічну мету розвитку туристичної сфери в Україні, що передбачає використання механізмів макрорегулювання, раціональних методів управління та грамотної організації просування туристичного продукту. Проаналізовано різні точки зору дослідників щодо визначення сутності поняття «комунікація» та представлено авторське визначення.*

*Розглянуто різноманітні моделі інтегрованих маркетингових комунікацій (Дж. Бернета та С. Моріарті, В. Бузина, А. Арланцевої та Є. Попова) та охарактеризовано їхні переваги та недоліки.*

*Аргументовано, що найбільш вдалою є модель інтегрованих маркетингових комунікацій, спрямована на виникнення синергічного ефекту при вдалому поєднанні елементів маркетингового повідомлення, переданого різними засобами комунікаційного впливу. Доведено, що передумови виникнення синергічного ефекту маркетингових комунікацій пов'язані не тільки і не стільки з можливим при інтеграції засобів комунікації збільшенням частоти повідомлень і збільшенням охоплення цільової аудиторії туристичних підприємств, скільки з наявністю різних типів мислення, сприйняття й обробки інформації, притаманних людині, а також відмінністю наявних у неї стереотипів.*

*Визначено, що більшість моделей, базуючись на різноманітності підходів до ІМК, мають переважно аналоговий характер, який не дає змоги туристичним підприємствам проводити сценарні розрахунки і прогнозувати динаміку продажів при застосуванні маркетингових комунікацій. Обґрунтовано, що для підприємств сфери туризму, де конкуренція на сучасному етапі стає досить високою, необхідна більш розгорнута модель ІМК, яка дасть змогу грамотно зіставити необхідні системи маркетингових комунікацій і встановити взаємозв'язок між маркетинговими та внутрішньо фірмовими комунікаціями.*

**Ключові слова:** комунікації, інтегровані маркетингові комунікації, моделі інтегрованих маркетингових комунікацій, синергічний ефект.

**Formulation of the problem.** The development of tourism in many countries is a priority direction of economic development. Strategic competitive advantage in the market of tourist services can not be won only on the basis of the specifics and features of the product, therefore, in today's conditions, the most important issues



economists include are the formation of a strategy of marketing communications, the use of innovative ways and methods for managing the promotion of travel services from the initiators of communication activity to contact audiences. Taking into account the role of marketing communications in the activities of tourism enterprises, it remains important to determine their most optimal models.

**Analysis of recent research and publications.** Scientific publications testify that researchers pay attention to the problems of integrated marketing communications (IMC), which are covered in the works of such domestic scientists as A.V. Voicach, S.P. Gavrilyuk, Yu.A. Dainovsky, S.M. Illyashenko, O.L. Kani-shchenko, V.G. Korolko, N.M. Lysytsya, T.I. Lukyanets, O.P. Luciy, A.F. Pavlenko, V.A. Pavlysh, T.O. Primak, E.V. Romat, T.I. Tkachenko and foreign — D. Aaakera, T. Ambler, W. Arensa, R. Batra, D. Burnet, K. Bove, L. Yu. Hermogenova, A. Deyana, A.B. Zvierintsev, G. Carter, F. Kotler, D. Myers, S. Moriarty, A.V. Naumova, G.G. Pocheptsova, S. Tannenbaum, B.F. Triassic, A. Troadeck, O.V. Tyunyukova, N.G. Fedko, F. I. Sharkov, D. Schultz, D. Yadin and others.

The methodological aspects of integrated marketing communications are discussed in the scientific literature mainly in relation to certain business entities, and the branch aspects have not received sufficient justification, in particular, the research models of marketing communications of tourist enterprises have not been fully studied. Although in this area there are separate editions of domestic authors, in particular O.M. Azaryana, N.I. Vedmid, T.O. Demuri, Yu.O. Karyagina S.V. Melnichenko, G.B. Munina, Ye.V. Samartzev, Z.I. Tymoshenko, N.V. Shumlyanskaya and others.

**The purpose** of the paper is to study the most well-known models of integrated marketing communications and adapt them for tourist enterprises.

**Presentation of the main results of the study.** The strategic goal of tourism development in Ukraine is to create a tourism product that is competitive on the domestic and world markets, which can not only satisfy the tourist needs of the country as much as possible, but also provide on this basis the integrated development of territories and their socio-economic interests while preserving ecological balance and historical and cultural environment. This adds an exclusive role to the tourist industry and includes:

- firstly — the use of certain mechanisms of macro regulation;
- secondly, the use of rational management methods;
- the third is the competent organization of promotion of a tourist product, which depends on a number of factors, among which a special place is occupied by marketing communications.

Life-saving sources of existence as a tourist area in general, and specifically for each tourist enterprise are marketing communications. The system of marketing communications covers the activities of the company aimed at:

- informing;
- persuasion and reminders of consumers about their services;
- stimulating their sales;
- creation of a positive image of the tourist enterprise.

Currently, the concept of integrated marketing communications is becoming increasingly popular in the world and in Ukraine, in particular. Integrated

marketing communications fit into the system of marketing relations. This is due to the fact that the program of establishing stable customer relationships requires more than just advertising the product through the media. To implement such a program, it is necessary to use a fully integrated communication process that has a special synergistic effect due to the optimal combination of advertising, sales promotion, direct sales, public relations and other communication tools.

The term “communication” is associated with the Latin word “communis”, which means “general”. When we enter into communication with someone, we strive to establish with it some kind of community, unity, it means that we try to share information, thoughts on some kind of thing or to show our attitude to anything.

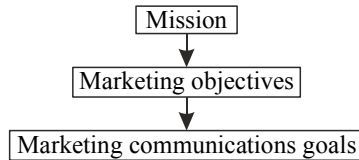
In economic literature, the notion of "communication" is defined mainly as the exchange of information between people for the formation of business relations. From an economic point of view, communications are considered as a mandatory business management tool. For example, F.I. Khmil [1, p.124] believes that communication is an exchange of information, in which the leader receives the information needed to make effective decisions and brings them to the attention of employees. O.E. Kuzmin [2, p. 16] adds that communications are processes of communication between employees, units, organs, etc. In other words, this is no less complicated process of ensuring the connection between the subjects of economic life, taking into account consumers (households, family members, etc.). Consequently, communication plays an important integration role in the management of the enterprise, aimed at achieving the goal of the organization.

D. Schultz and S. Tannenbaum [3, p. 48] call communication a means of cooperation, interaction, and ensuring the achievement of the goals of workers, organizations and society as a result of the fact that modern business is a complex production with collective labor and the use of significant resources. It follows that the concept of “communication” characterizes different processes.

Thus, we can conclude that this term is expressed by different processes, and therefore for a clear definition of the essence of communication in the management of the enterprise proposed a general definition of this term. Therefore, in the opinion of the authors, communication is the art of meaningful information transfer between individuals through various forms of communication, which is closely linked to leadership, corporate culture and motivation, and aims at achieving the goals of the enterprise.

In the last few years, the concept of integrated marketing communications has been actively modernized, which has replaced traditional outdated marketing. According to the definition of the American Association of Advertising Agencies, integrated marketing communication is a concept of planning of marketing communications related to the need to assess the strategic role of individual areas and to find the optimal combination of them to ensure clarity, the sequence of maximizing the impact of communication programs through the consistent integration of all individual calls [4, p. 325].

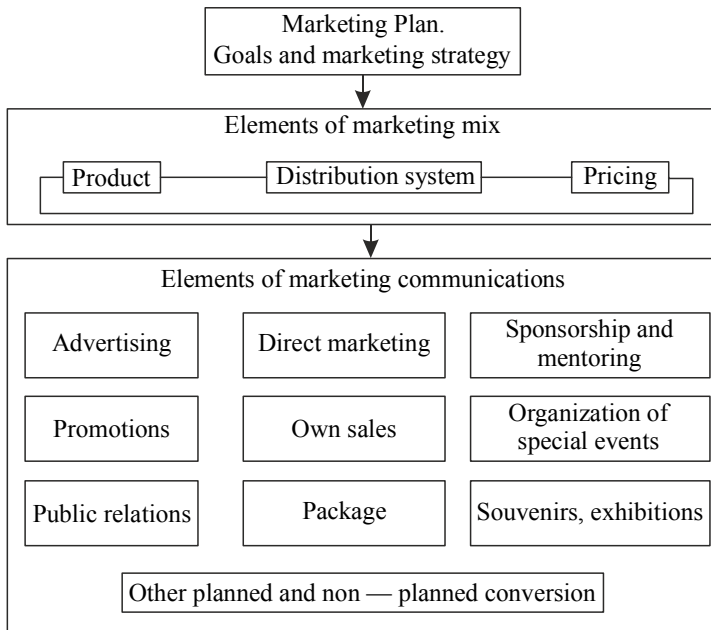
The hierarchy of the objectives of the enterprise, marketing and IMC is shown in Fig. 1.



**Fig. 1. Three levels of goals**

Planning objectives from the top down determines the effectiveness of building the entire enterprise. All marketing communication goals should be for marketing purposes, and they, in turn, should be consistent with the mission of the enterprise. From the definition of the entire marketing system IMC models are being built.

The IMC model proposed by J. Burnett and S. Moriarty is based on the marketing plan and its purpose, which determines the interaction of elements of marketing-mix (Fig. 2).



**Fig. 2. IMC Model J. Burnett and S. Moriarty [5, p. 38]**

In this model, integrated marketing communication is shown as the fourth element of a marketing mix that supports the other three. The second part of the model serves for a detailed reflection of the plan of marketing communications. This plan is based on the approach adopted for integrated marketing communications, which includes planned and unplanned marketing appeals.

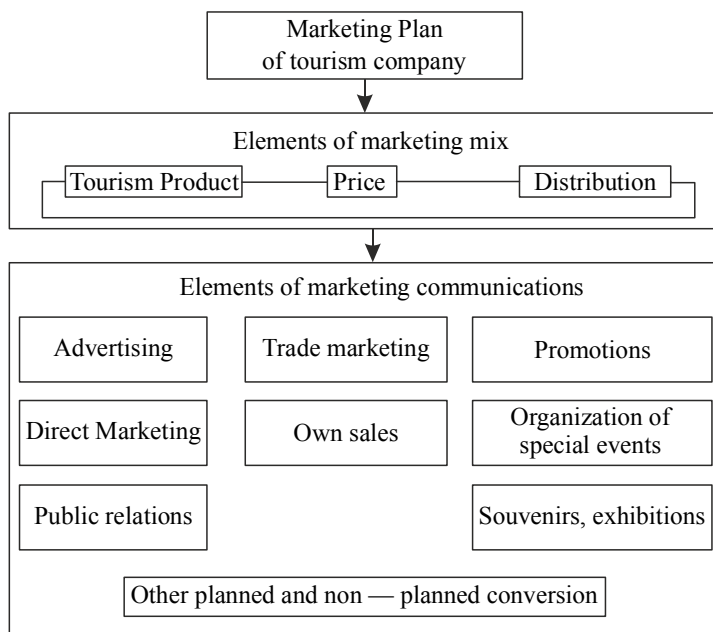
Researchers argue that integrated marketing communication helps to create synergies by coordinating all types of communication activities in the formulation of agreed marketing appeals that are perceived and memorized by target audiences.

As a result of the application of this model, the effectiveness of the marketing activity of the company increases, since the agreed appeals are more effective than independent and uncoordinated.

The most logical for the tourism industry is the concept of integrated marketing communications. This is due to the following features:

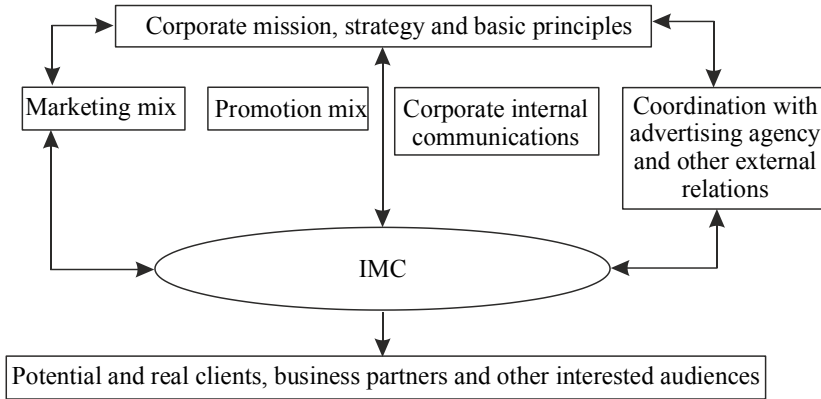
- the final transition of tourism enterprises to the differentiation of investment in marketing activities;
- high efficiency of integrated marketing communications;
- the orientation of integrated marketing communications for the long-term effect of marketing activities. This is beneficial for those tourism enterprises that build their marketing strategy for several years in advance due to forecasts and trends in consumer behavior.

In the case of tourist enterprises, the model of J. Burnett and S. Moriarty looks like this (Fig. 3).



**Fig. 3. IMC model J. Burnett and S. Moriarty (adapted for tourist enterprises)**

A slightly different view of the IMC model is represented by V.I. Buzyn in the work “Fundamentals of Media Planning” (6, p.57). In his opinion, the IMC stems from the interaction of all communication elements of the enterprise, that is, the result of a joint action (Fig. 4). The advantages of this model include the allocation of intra-corporate communications and the emphasis on their relationship with other types of communications. However, its disadvantage, as in the preceding case, is mainly an analog nature of the model, which does not allow for scenario-based economic and mathematical calculations and predict the dynamics of sales of tourist services in the application of communication tools in the counter-strategy of competitors.



**Fig. 4. Model of integrated marketing communications (by VI Buzin)**

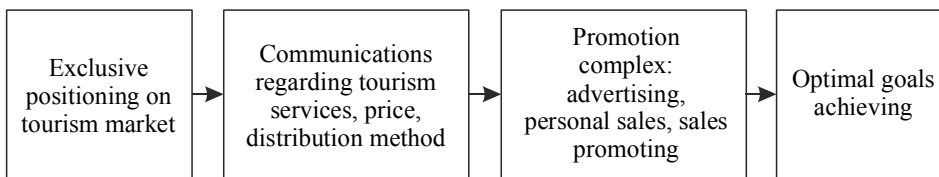
According to A.V. Arlantseva and Y.V. Popova, integrated marketing communications are aimed at the emergence of a synergistic effect, which can manifest itself at three levels:

- on the first level, a synergistic effect occurs when the interaction of the structural elements of one communication message, affecting the various channels of human perception (vision, hearing, sense of smell, touch). So, TV ads can be more effective than radio advertising because of actions on the audience, both with the help of images and audio. In this case, the magnitude and direction of the effect directly depend on the stereotypes available to the object of influence, as well as the degree of their expression;

- at the second level, the synergistic effect manifests itself from the complex use of the elements of the advancement complex. Thus, advertising and sales promotion measures have a greater effect than sharing, rather than individual use of advertising and the separate promotion of sales, due to the appearance of the “ratchet effect”, which is a manifestation of a synergistic effect;

- at the third level, the synergistic effect is enhanced when the communication resources of all elements of the marketing complex are used in promotion (7, p. 14).

Model of Integrated Marketing Communications A.V. Arlantseva and Y.V. Popov, adapted for tourist enterprises, is presented in fig. 5.



**Fig. 5. Model of integrated marketing communications, adapted for tourist enterprises (by A. Arlantsev and Y. Popov)**

Thus, in general, a synergistic effect occurs when a successful combination of elements of a marketing message transmitted by various means of communication influence. The prerequisites for the emergence of a synergistic effect of marketing communications are not only and not so much as possible with the integration of

communication tools by increasing the frequency of messages and increasing the coverage of the target audience of tourism enterprises, as with the presence of different types of thinking, perception and processing of information inherent in man, as well as the difference between available stereotypes.

### **Conclusions**

The three models under consideration emphasize the diversity of approaches to the IMC, but they are mostly analogous in nature, which does not allow tourism enterprises to conduct scenario calculations and predict the dynamics of sales in the application of marketing communications. For enterprises in the field of tourism, where competition at the present stage becomes quite high, a more detailed model of the IMC is needed, which will allow competently to compare the necessary marketing communication systems and establish the relationship between marketing and internally branded communications.

The need to focus its activities using IMC is especially relevant for tourist enterprises, since they are facing serious competition on the basis of a regional or international market. To succeed you need to use modern marketing methods, while flexibly and promptly using all possible means of marketing communications. The use of integrated marketing communications allows you to establish contact with the consumer, contributing to a two-way dialogue between tourism service providers and consumers. Integrated marketing communications allow you to create communications on the “order”, to match the preferences of individual groups of consumers. These features allow tourism companies to establish more productive connections with consumers of services and save on their promotion.

### **Literature**

1. *Khmil F.I.* Fundamentals of Management: Textbook. — 2nd. / F.I. Hop. — Kyiv : Akademvydav, 2007. — 576 pp.
2. *Kuzmin O.I.* On the Way to Victory or How to Become a People’s Elect. / O.I. Kuzmin, A.I. Efimov — St. Petersburg : Izv. Sev.-Zap. acad. state service, 1998. — 92 p.
3. *Schultz D.E.* New Marketing Paradigm: Integrative Marketing Communications / D.E. Schultz, SI Tannenbaum, R.F. Lauterborn — Moscow : Infra-M, 2004. — 232 p.
4. *Nedyak I.L.* Political Marketing: The Fundamentals of Theory / I. L. Nnedak. — Moscow : All World, 2008. — 352 p.
5. *Bernet J., Moriarty S.* Marketing Communications: An Integrated Approach / Translation from English. ed. S.G. Bozhuzh. — St. Petersburg : Peter, 2001. — 864 p.
6. *Buzyn V.I.* Fundamentals of media planning / V.I. Buzyn — Moscow : Mir, 2002. — P. 57.
7. *Arlantsev A.V.* Synergism of Communication Instrumentation / A.V. Arlantsev, E.V. Popov // Marketing in Russia and abroad. — # 1. — 2001. — P. 14.

## INTER-BUDGETARY RELATIONS IN UKRAINE IN MODERN CONDITIONS

L. Shirinyan, S. Esh

National University of Food Technologies

---

**Key words:**

*Inter-budgetary relations*  
*Transfers*  
*Budget system*  
*United territorial*  
*communities*  
*Local budgets*  
*Incomes of local budgets*

---

**Article history:**

Received 11.07.2018  
Received in revised form  
25.07.2018  
Accepted 21.08.2018

---

**Corresponding author:**

L. Shirinyan

**E-mail:**

npnuht@ukr.net

**ABSTRACT**

The paper examines the financial component of inter-budgetary relations in Ukraine and defines the ways of self-replenishment of local budgets by cash resources.

It is substantiated that self-sufficiency of territories depends on the most part on its own financial resources: tax and non-tax revenues, the efficient use of capital operations concentrated in local budgets. Statistical analysis reveals an increase in the number of local budgets and a decrease in regional budgets. Such changes are related to the process of decentralization and the creation of united territorial communities.

The paper analyzes the composition and structure of local budget revenues. It is shown that an important part of the modern national budget policy is intergovernmental transfers (subventions and subsidies) that should help economically poor developed territories. There is a high share of funds of local budgets in the form of intergovernmental transfers at the level of 54,3% of all local budget revenues.

It is found that during 2016—2017 revenues to local budgets increased mainly due to the personal income tax. Revenues to local budgets from local taxes and fees was about 46% of all revenues.

In general, the usage of the state budget is aimed not so much at helping to develop entrepreneurship and improve the socio-economic state as to cover the expenditures of those territories, that are themselves unable to provide economic growth.

The analysis shows that in Ukraine, the most problematic in the social sphere are two branches — education and health care, which require significant investments, effective results from the implementation of reforms, a stable legislative framework.

It is argued that the centralization of tax revenues makes local budgets dependent on the state budget. In this respect it is proposed the optimization of distribution of local budget revenues: more than 70% of fiscal revenues should be formed due to own regional and local taxes.

## МІЖБЮДЖЕТНІ ВІДНОСИНИ В УКРАЇНІ В СУЧАСНИХ УМОВАХ

Л.В. Шірінян, С.М. Еш

Національний університет харчових технологій

*У статті досліджується фінансова складова міжбюджетних відносин в Україні та визначаються напрями самостійного поповнення місцевих бюджетів грошовими коштами.*

*Обґрунтовано, що забезпечення самодостатності території більшою мірою залежить від власних фінансових ресурсів: податкових і неподаткових надходжень, умілого використання операцій з капіталом, що зосереджується у місцевих бюджетах. Статистичний аналіз виявляє зростання кількості місцевих бюджетів і зменшення районних бюджетів. Такі зміни пов'язані з процесом децентралізації і створенням об'єднаних територіальних громад.*

*Також проаналізовано склад і структуру доходів місцевих бюджетів. Показано, що важливою складовою сучасної національної бюджетної політики є міжбюджетні трансферти (субвенції та дотації), які повинні допомогти бідним за економічним розвитком територіям. Спостерігається висока частка грошових коштів місцевих бюджетів у формі міжбюджетних трансфертів на рівні 54,3% усіх доходів місцевих бюджетів.*

*Виявлено, що протягом 2016—2017 рр. доходи до місцевих бюджетів збільшились здебільшого за рахунок податку на доходи фізичних осіб. Надходження до місцевих бюджетів від місцевих податків і зборів становлять близько 46% усіх доходів.*

*У цілому спостерігається спрямування коштів державного бюджету не на допомогу розвитку підприємництва та покращення соціально-економічного стану, а на покриття видатків тих територій, які самостійно не спроможні забезпечити економічне зростання.*

*Аналіз показав, що в Україні найпроблемнішими у соціальній сфері є дві галузі — це освіта та охорона здоров'я, які потребують значних інвестицій, ефективних результатів від проведення реформ, стабільної законодавчої бази.*

*Аргументовано, що централізація податкових доходів робить місцеві бюджети залежними від державного бюджету. Запропоновано оптимізацію розподілу доходів місцевих бюджетів: більше 70% фіскальних надходжень має формуватися за рахунок власних регіональних і місцевих податків.*

**Ключові слова:** міжбюджетні відносини, трансферти, бюджетна система, об'єднані територіальні громади, місцеві бюджети, доходи місцевих бюджетів.

**Постановка проблеми.** Під час формування бюджетної політики країни важливе місце займає перерозподіл фінансових ресурсів, особлива частка яких спрямовується у місцеві бюджети територіальних громад. Нині в Україні не всі регіони мають достатні власні ресурси для забезпечення нормаль-



ного розвитку своїх територій у повному обсязі. Тому важливою складовою сучасної національної бюджетної політики є міжбюджетні трансферти: субвенції та дотації, які повинні допомогти бідним за економічним розвитком територіям. Уряд розпочав процес децентралізації, який передбачає зменшення частки такої допомоги з одночасним розв'язанням проблем, пов'язаних із забезпеченням економічного зростання регіонів.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Сучасні аспекти міжбюджетних відносин в Україні проаналізовано в працях українських науковців (Т.М. Завора [1], Л.Б. Рябушка [2], І.О. Луніна [3], Н.В. Корень [4], К. Обуховська [5], І.С. Волохова [6] та ін.). На нашу думку, залишаються недостатньо опрацьованими теоретичні та практичні аспекти підвищення рівня використання інструментарію місцевого самоврядування як складової успішного соціально-економічного розвитку регіонів.

**Метою статті** є дослідження фінансової складової міжбюджетних відносин в Україні та визначення напрямів самостійного поповнення місцевих бюджетів грошовими коштами.

**Викладення основних результатів дослідження.** За роки незалежності в Україні в міжбюджетних відносинах вже сформовано відповідний механізм взаємодії, до якого входять місцеві бюджети, трансферти, територіальні громади.

Згідно з чинним законодавством бюджетна система України є сукупністю державного бюджету та місцевих бюджетів, побудованих з урахуванням економічних відносин, державного й адміністративно-територіальних устроїв, і врегульована нормами права [7]. Державний бюджет постійно взаємодіє з місцевими бюджетами, про що свідчать показники табл. 1.

*Таблиця 1. Кількість місцевих бюджетів, з якими здійснювалися взаємовідносини державного бюджету в 2016—2017 рр., розраховано авторами за джерелами [8; 9]*

| Назва бюджетів                                 | 2016 | 2017 | Відхилення |
|--|------|------|------------|
| Місцеві бюджети, всього                        | 793  | 998  | 205        |
| Бюджети міст обласного значення                | 148  | 148  | без змін   |
| Бюджети об'єднаних територіальних громад (ОТГ) | 159  | 366  | 207        |
| Районні бюджети                                | 461  | 459  | -2         |
| Бюджети міста Києва                            | 25   | 25   | без змін   |

Дані табл. 1 свідчать про зростання кількості місцевих бюджетів (що спостерігаємо в їх загальній кількості та ОТГ) і зменшення районних бюджетів. Такі зміни пов'язані з процесом децентралізації і створенням об'єднаних територіальних громад. Збільшення місцевих бюджетів на 205 одиниць зумовлене збільшенням кількості територіальних громад на 207, які формують свої самостійні бюджети.

Територіальні громади у своєму розпорядженні мають вагомі фінансові ресурси, які можна спрямувати на розвиток своєї території без допомоги держави. Тому одним із вирішальних питань бюджетної політики є створення ефективної моделі побудови місцевих бюджетів, оскільки механізм її функціонування та ефективного використання прямо впливає на добробут населе-

ння та соціально-економічний розвиток регіону і країни в цілому. Відповідно до ст. 9 Бюджетного кодексу України доходи бюджету класифікуються за такими розділами: податкові надходження, неподаткові надходження, доходи від операцій з капіталом і трансферти, які згідно з Бюджетним кодексом поділяють на дотації і субвенції [7].

У табл. 2 представлено динаміку надходжень до місцевих бюджетів протягом 2016—2017 років. Дані табл. 2 свідчать, що протягом 2016—2017 рр. доходи до місцевих бюджетів збільшились на 136 млрд грн, частка у такому збільшенні міжбюджетних трансфертів становить 77,2 млрд грн. Із загальної суми всіх надходжень, отриманих місцевими бюджетами, обсяг податків і зборів, які справлялись на їх території, становить 229,5 млрд грн.

*Таблиця 2. Доходи місцевих бюджетів 2017 р. порівняно з 2016 р., розраховано авторами за даними джерела [9]*

| Назва доходу (млрд грн)  | 2016  | % у загальній сумі | 2017  | % у загальній сумі | Абсолютне відхилення |
|--|-------|--------------------|-------|--------------------|----------------------|
| Доходи з урахуванням міжбюджетних трансфертів                          | 366,1 | 100                | 502,1 | 100                | 136,0                |
| <i>у тому числі:</i><br>доходи без врахування міжбюджетних трансфертів | 170,7 | 46,6               | 229,5 | 45,7               | 58,8                 |
| <i>з них:</i>  |       |                    |       |                    |                      |
| податок на доходи фізичних осіб  | 76,9  | 21,0               | 108,3 | 21,6               | 31,4                 |
| акцизний податок   | 11,6  | 3,2                | 13,2  | 2,6                | 1,5                  |
| земельний податок  | 7,1   | 1,9                | 8,3   | 1,6                | 1,2                  |
| орендна плата  | 13,4  | 3,6                | 14,7  | 2,9                | 1,4                  |
| єдиний податок   | 10,3  | 2,8                | 15,4  | 3,1                | 5,1                  |
| інші податки та збори  | 51,5  | 14,1               | 69,6  | 13,9               | 18,1                 |
| офіційні трансферти  | 195,4 | 53,4               | 272,6 | 54,3               | 77,2                 |

Детальний аналіз наведених у табл. 2 результатів виявляє, що відповідне збільшення відбулось за рахунок:

- податку на доходи фізичних осіб, що сплачується платниками податку з заробітної плати та грошового забезпечення, на 31,4 млрд грн;
- єдиного податку з фізичних осіб на 5,1 млрд грн;
- акцизного податку на 1,5 млрд грн;
- орендної плати з юридичних осіб на 1,4 млрд грн;
- земельного податку з юридичних осіб на 1,2 млрд грн;
- інших податків та зборів на 18,1 млрд грн.

Незначну частку у внесеннях до місцевих бюджетів займають податок на прибуток підприємств — 6485 млн грн (3%), та плата за користування надрами — 1 103 млн грн (1%), які ввійшли до групи «інші податки та збори» [9]. Згідно з внесеними змінами до Бюджетного кодексу України, важливим моментом є те, що вирівнювання (допомога відсталим бюджетам) здійснюється саме за доходами місцевих бюджетів, що впливає на механізм формування бюджетів.

Розглянемо відсоткову структуру доходів місцевих бюджетів за даними для 2017 р. (табл. 2). Якщо аналізувати основні розділи доходів місцевих бюджетів за бюджетною класифікацією, то спостерігаємо, що податкові надходження становлять близько 40,7%, неподаткові надходження — 5%, міжбюджетні трансферти — 54,3% [4]. Отже, спостерігається висока частка грошових коштів місцевих бюджетів у формі трансфертів [2].

Зазвичай, більша частина загальнодержавних податків і зборів, зібраних на місцевому рівні, перерозподіляються до державного бюджету. На практиці при розподілі грошових коштів відбувається кругообіг: місцеві бюджети перераховують частину (або й повністю) відрахувань від державних податків і зборів до державного бюджету, що формує його доходи.

Дані табл. 2 свідчать, що надходження до місцевих бюджетів від місцевих податків і зборів (які являють собою доходи без урахування міжбюджетних трансфертів) є незначними і становлять для 2017 р. близько 45,7% усіх доходів. На нашу думку, це не дає можливостей для достатнього розвитку територій, тому виникає проблема фінансового вирівнювання, коли держава допомагає бідним територіям. За умов фінансового вирівнювання кошти, які місцеві бюджети перерахували до державного бюджету, отримують назад у формі дотацій чи субвенцій. Як бачимо, частка таких трансфертів становить близько 54% для 2017 року. У зв'язку з цим доцільно було б збільшити частку податкових надходжень, яку необхідно залишати на території їх збирання для надання можливості органам місцевого самоврядування вкласти ці кошти у розвиток територій.

Централізація податкових доходів породжує не лише суперечності між учасниками різних рівнів бюджетної системи, а й робить місцеві бюджети значно залежними від державного бюджету. Саме тому доцільною є оптимізація розподілу доходів місцевих бюджетів, коли більше 70% фіскальних надходжень має формуватися за рахунок власних регіональних і місцевих податків. Такий підхід дасть можливість зменшити ризик корупційних зловживань збоку чиновників. Він притаманний багатьом розвинутим країнам, приміром, таким як Велика Британія, Швейцарія, Швеція, Нова Зеландія, Ісландія, Данія, де частка надходжень за рахунок місцевого податків із зборів становить близько 90%. Водночас слід зауважити, що у світі існують також інші приклади. Високим рівнем централізації доходів відрізняються США, де федеральний уряд концентрує приблизно 58% загальнодержавних доходів, Греція — 97%, Бельгія і Франція — 82%, Австрія та Нідерланди — 90% [7, с. 36].

Важливим джерелом надходжень до місцевого бюджету є неподаткові надходження — це переважно доходи від державної власності, підприємницької діяльності та фінансових санкцій. Проведений аналіз структури неподаткових надходжень до місцевих бюджетів показує, що найбільшу їх частку займають надходження з бюджетних установ — 16 949 млн грн (65%), власні фінансові ресурси є значно меншими: адміністративні збори та платежі — 3 981 млн грн (15%), інші надходження — 2 698 млн грн (11%), доходи державних підприємств становлять усього 2341 млн грн (9%) [8].

Органи місцевого самоврядування при розв'язанні проблем фінансового забезпечення можуть скористатися саме джерелами неподаткових надходжень, якщо останні будуть правильно сплановані. В українських територіальних громадах майже відсутня муніципальна власність, що негативно відображається на загальній сумі місцевого бюджету. На нашу думку, аграрний сектор, промислові підприємства, які розміщені на території регіонів, поки що не дають достатніх надходжень до місцевих бюджетів, оскільки потребують заміни обладнання, втілення нових технологій, тобто достатніх інвестицій. Загалом, питання формування муніципальної власності, спроможної забезпечити надходження до бюджету і підвищити рівень життя громад, нині є вельми актуальним. Як вирішення подібної проблеми можна навести приклад переходу до муніципальної власності АТ «Київенерго» у м. Київ.

Не викликає сумнівів, що збільшення коштів у місцевий бюджет може забезпечити розвиток підприємницької діяльності і зростання добробуту громадян, які нею займаються, і громади в цілому, яка отримує кошти для свого розвитку у формі податків від підприємницької діяльності. Території зможуть самостійно покривати видатки, а отже, менше потребуватимуть трансфертів.

В Україні регіони характеризуються різним соціально-економічним рівнем розвитку територіальних громад. Відповідний поділ на законодавчому рівні існує з 2006 р. після набуття чинності законом «Про стимулювання розвитку регіонів» [12]. Саме тому доцільно дослідити ситуацію щодо надання допомоги регіонам України через трансферти, яка склалася останніми роками для визначення ступеня важливості державних дотацій і субвенцій в сучасних умовах (табл. 3). Надходження дотацій і субвенцій з державного до місцевих бюджетів протягом 2017 р. склали 272 078 млн грн.

*Таблиця 3. Частка міжбюджетних трансфертів у місцевих бюджетах, складено авторами за даними джерел [8; 9]*

| Роки | Місцеві бюджети (з урахуванням трансфертів), млн грн | Міжбюджетні трансферти, млн грн | Питома вага міжбюджетних трансфертів, % |
|------|--|---------------------------------|---|
| 2012 | 212 692  | 124 460                         | 58,5                                    |
| 2013 | 208 216  | 115 848                         | 55,6                                    |
| 2014 | 219 618  | 130 601                         | 59,5                                    |
| 2015 | 294 460  | 173 980                         | 59,1                                    |
| 2016 | 366 040  | 195 395                         | 53,4                                    |
| 2017 | 501 569  | 272 078                         | 54,2                                    |

Дані табл. 3 показують, що частка фінансової допомоги від держави місцевим бюджетам за останні 6 років майже не змінюється: питома вага міжбюджетних трансфертів коливається в межах 53—59% місцевих бюджетів. У відносному виразі найменша їх частка припадає на 2016 р. (53,4%), але ця цифра також свідчить про те, що більше половини грошових коштів місцевих бюджетів формуються за рахунок трансфертів.

У табл. 4 представлено розподілення трансфертів за їх основними видами протягом 2017 року. Отримані дані показали, що половину надходжень до

місцевих бюджетів займають субвенції на соціальний захист, що в сумі становить 124,7 млрд грн (з 272,08 млрд грн), або 51%. Більшу половину таких коштів (близько 64,9 млрд грн) було спрямовано на надання пільг і житлових субсидій населенню на оплату електроенергії, природного газу та інших послуг. Порівняно з 2016 р. збільшилась сума на медичну субвенцію — 56,2 млрд грн (23%), із яких 700 млн грн виділяються за програмою «Доступні ліки» (на 2018 р. за цією програмою передбачено уже 1 млрд грн) [10].

*Таблиця 4. Надходження до місцевих бюджетів за видами дотацій і субвенцій у 2017 р., складено авторами за джерелом [10]*

| Вид трансферту   | Кількість місцевих бюджетів, які отримали трансферт | Сума трансферту, млрд грн |
|--|---|---------------------------|
| Базова дотація   | 738   | 5,8                       |
| Субвенції:   |   |                           |
| - освітня  | 998   | 51,5                      |
| - медична (із них за програмою «Доступні ліки»)                              | 977   | 56,2 (0,7)                |
| - на соціальний захист (включає надання пільг і житлових субсидій населенню) | —   | 124,7 (64,9)              |
| - на формування інфраструктури ОТГ   | 412   | 1,5                       |
| - на соціально-економічний розвиток окремих територій                        | 622   | 6,2                       |

Найбільша кількість місцевих бюджетів (998) у 2017 р. отримала освітню субвенцію, яка трохи менша за медичну і становить 51,5 млн грн (21%). Як видно із зазначених даних, в Україні найпроблемнішими у соціальній сфері є дві галузі — це освіта та охорона здоров'я, які потребують значних інвестицій, ефективних результатів від проведення реформ, стабільної законодавчої бази.

Цікавим є факт невеликої частки базової дотації — трансферт, що надається з державного бюджету місцевим бюджетам для горизонтального вирівнювання податкоспроможності територій. Як бачимо, у 2017 році було виділено всього 5,8 млрд грн (2%), а на розвиток інфраструктури ОТГ — 1,5 млрд грн (1%) [9].

Слід зауважити, що станом на 01.04.2018 ОТГ (без м. Києва) нараховувалось 527 утворень. Загалом, новостворені ОТГ демонструють збільшення автономії місцевих органів влади. Громада має можливість створювати нові господарюючі суб'єкти та мати частку у їхніх статутних капіталах, отримувати дивіденди, розраховувати на додаткову державну фінансову підтримку, залучати іноземні інвестиції шляхом участі у конкурсних проектах інвестиційних програм тощо. Однак, незважаючи на те, що процес децентралізації розвитку ОТГ передбачає передачу місцевому самоврядуванню більше повноважень щодо самостійного формування власних коштів та їх використання, сьогодення показує неспроможність самодостатнього розвитку територіальних громад, які поки що не володіють достатніми ресурсами і планують свій розвиток тільки за участі державного бюджету.

Проблематичним, на наш погляд, є те, що за напрямками розподілення трансфертів спостерігається спрямування коштів державного бюджету не на допомогу розвитку підприємництва та покращення соціально-економічного стану, а на покриття видатків тих територій, які самостійно не спроможні забезпечити економічне зростання. Саме тому важливим є надання трансфертів, адже грошова допомога повинна надаватися перш за все на розвиток, а вже потім на сплату видатків. З цих позицій доцільною є зміна механізму бюджетного вирівнювання та нова стратегія фінансової допомоги регіонам і місцевим бюджетам. Відхід від нинішньої системи трансфертів має бути поступовим, максимально комфортним та ефективним для місцевих бюджетів. Ключовою тезою нової стратегії підтримки самоврядування і місцевих бюджетів є те, що необхідно спрямовувати інвестиції на розвиток підприємницької діяльності, на виконання стимулюючої функції, тобто на формування зацікавленості у місцевих органів самостійно знаходити джерела на покриття видатків і на розвиток. Тільки таким шляхом можна збільшити кількість самодостатніх територій і в перспективі зменшити кількість трансфертів.

### **Висновки**

Останніми роками формування в Україні бюджетної політики, головним стрижнем якої є міжбюджетні відносини, демонструє позитивні зміни. Має місце процес децентралізації і створення об'єднаних територіальних громад.

У сучасних умовах важливим стає створення ефективної моделі побудови місцевих бюджетів, оскільки ефективне використання коштів прямо впливає на добробут населення та соціально-економічний розвиток регіону і країни в цілому.

У рамках проведеного аналізу виявлено, що протягом 2016—2017 років доходи до місцевих бюджетів збільшились здебільшого за рахунок податку на доходи фізичних осіб. Надходження до місцевих бюджетів від місцевих податків і зборів становлять близько 46% усіх доходів. На нашу думку, це не дає можливостей для достатнього розвитку територій, тому виникає проблема фінансового вирівнювання, частка трансфертів становить близько 54%.

Частка фінансової допомоги від держави місцевим бюджетам за останні 6 років майже не змінюється: питома вага міжбюджетних трансфертів коливається в межах 53—59% місцевих бюджетів.

У статті обґрунтовано, що централізація податкових доходів породжує суперечності між учасниками різних рівнів бюджетної системи і робить місцеві бюджети значно залежними від державного бюджету. Запропоновано збільшення частки податкових надходжень, які необхідно залишати на території їх збирання для надання можливості органам місцевого самоврядування вкласти ці кошти у розвиток територій. Оптимізація розподілу доходів місцевих бюджетів може досягатися за умов, коли більше 70% надходжень буде формуватися за рахунок власних регіональних і місцевих податків. Такий підхід застосовується у розвинутих країнах (Велика Британія, Швейцарія, Швеція, Нова Зеландія, Ісландія, Данія), де частка надходжень за рахунок місцевого податків із зборів становить близько 90%. Крім того, оптимізація розподілу зменшить ризик корупційних зловживань з боку чиновників.

Спостерігається спрямування коштів державного бюджету на покриття видатків проблемних територій. У статті запропоновано нову стратегію фінансової допомоги регіонам і місцевим бюджетам, яка спрямована на інвестиції, розвиток підприємницької діяльності та зацікавленості у місцевих органів самостійно знаходити джерела на покриття видатків і на розвиток.

### **Література**

1. *Завора Т.М.* Аналіз доходів місцевих бюджетів (на прикладі Полтавської області) / Т.М. Завора, Ю.М. Чумак // Науковий вісник Міжнародного гуманітарного університету. Збірник наукових праць. — Одеса, 2016. — Випуск 17. — С. 135—142.
2. *Рябушка Л.Б.* Механізм міжбюджетних відносин: проблеми та перспективи розвитку / Л.Б. Рябушка // Вісник Національного Одеського університету. — 2013. — Том 18. Випуск 2/1. — С. 126—129.
3. *Луніна І.О.* Капітальні трансферти місцевим бюджетам: підходи до створення ефективної системи управління / І.О. Луніна // Фінанси України. — № 2. — 2011. С. 1—11.
4. *Корень Н.В.* Міжбюджетні відносини в Україні: сучасний стан та перспективи розвитку / Н.В. Корень // Формування ринкових відносин в Україні: збірник наукових праць. — Київ, 2011. — № 11(126). — С. 48—52.
5. *Обуховська К.* Економіка України — 2017: більше зростання і менше інфляції / К. Обуховська // Finance.ua [Електронний ресурс]. — Режим доступу : <https://news-finance.ua/ua/news/-/392088/ekonomika-ukrayiny-2017-bilshe-zrostannya-i-menshe-inflyatsiyi>.
6. *Волохова І.С.* Міжбюджетні відносини в Україні: сучасний стан та перспективи розвитку: монографія / І.С. Волохова. — Одеса : Атлант, 2010. — 234 с.
7. Бюджетний кодекс України від 08.07.2010 №2456 —VI / [Електронний ресурс]. — Режим доступу : <http://zakonrada.gov.ua/laws/show/79-19>.
8. Бюджетний моніторинг / Інститут бюджету та соціально-економічних досліджень // Офіційний сайт. [Електронний ресурс]. — Режим доступу : <http://www.ibser.org.ua/-UserFile/BudgetMonitor>. — Назва з екрана.
9. Офіційний сайт Державної служби статистики України [Електронний ресурс] — Режим доступу : <http://www.ukrstat.gov.ua> — 20.06.2018 — Назва з екрана.
10. Державна казначейська служба України [Електронний ресурс]. — Режим доступу : <http://www.treasury.gov.ua/main/uk/index>.
11. *Костирко Л.А.* Механізм регулювання міжбюджетних відносин в Україні: пріоритети, інструменти, перспективи: монографія / Л.А. Костирко, Н.Ю. Велентейчик. — Северодонецьк: вид-во СНУ ім. В.Даля, 2016. — 280 с.
12. Закон України «Про стимулювання розвитку регіонів» / Редакція від 02.12.2012, підстава 5463 — VI [Електронний ресурс] — Режим доступу : <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2850-15>.

## MARKET OF MINERAL WATER IN UKRAINE: PROBLEMS OF QUALITY AND SAFETY

A. Zainchkovskiy, A. Kushnirenko

*National University of Food Technologies*

---

**Key words:**

*Bottled drinking water*

*Safety*

*Level of pollution*

*Water quality*

---

**Article history:**

Received 19.07.2018

Received in revised form  
01.08.2018

Accepted 20.08.2018

---

**Corresponding author:**

A. Kushnirenko

**E-mail:**

anya4000@i.ua

**ABSTRACT**

The following paper reviews the current state of the market and presents the results of research quality and safety of natural mineral bottled water.

The quality and safety assessment of mineral being sold in the Ukrainian market is water performed using parameters of labelling and packaging compliance for test samples of therapeutic-table water. That is, the study object was mineral water extracted from underground wells and bottled with subsequent sale through the retail trade network of Ukraine, packaged in a consumer PET bottle with a capacity of 1.5 liters — from five manufacturers. Comprehensive analysis of organoleptic and physico-chemical parameters has been carried out that allowed determining the hydrogen value (pH) and iron content of the selected mineral water samples. Methods were used of statistical and comparative analysis of the Ukrainian mineral water trademarks, which evaluated the qualitative composition of water.

The economic situation in Ukraine affected the market of packaged natural mineral water. Despite the fact that almost all water supply companies operate within the country and extract water in Ukraine, production and supply costs for 2016-2017 increased substantially. The study showed that the exchange rate affected the cost of consumables, fuel and lubricants, components, and transportation. Accordingly, the production cost for consumer increased significantly (by about 25—40% depending on the region and supplier). Still water consumption is increasing due to increased demand for water on tap and in large containers being ordered with a delivery to home or office. The obtained forecasts indicate that the mineral water supply market will increase with a further tendency to increased still mineral water consumption.

The used methods of statistical and comparative analysis to trade marks of mineral water of Ukraine, that they which were able to assess the quality of water. The proposals to guarantee the safety of packaged natural mineral water, which is realized in retail chains in Ukraine.



## РИНОК МІНЕРАЛЬНОЇ ВОДИ В УКРАЇНІ: ПРОБЛЕМИ ЯКОСТІ ТА БЕЗПЕКИ

А.О. Заїнчковський, А.М. Кушніренко  
Національний університет харчових технологій

У статті розглянуто сучасний стан ринку, наведено результати досліджень якості та безпечності мінеральної природної води. Проведено оцінювання якості та безпечності мінеральної води, що реалізується на ринку України, за допомогою показників відповідності маркування та пакування дослідних зразків лікувально-столових мінеральних вод. Об'єктом дослідження була мінеральна вода, що видобувається з підземних свердловин та розливається у пляшки і реалізується у роздрібній торговельній мережі України. Вода упакована в споживчу тару ПЕТ-пляшку місткістю 1,5 літра. Здійснено комплексний аналіз органолептичних і фізико-хімічних показників, що дали змогу встановити рівень водневого показника (рН) та вміст заліза вибраних зразків мінеральної води. Використано методи статистичного та порівняльного аналізу торговельних марок мінеральних вод України для оцінки якісного складу води.

Проаналізовано економічну ситуацію в Україні, яка вплинула на ринок мінеральної природної фасованої води. Визначено, що майже всі компанії, які здійснюють доставку води, ведуть свою діяльність у межах країни і добувають воду також в Україні, збільшили витрати на виробництво і доставку води у 2016—2017 роках. У процесі дослідження виявлено, що курс валют вплинув як на вартість витратних і паливно-мастильних матеріалів, комплектуючих, так і на витрати з транспортування. Відповідно, вартість продукції для споживача значно збільшилась (приблизно на 25—40% залежно від регіону та постачальника). З'ясовано, що споживання негазованої води зростає за рахунок збільшення попиту на розлив води у велику тару на замовлення до будинку чи офісу. Отримані прогнози свідчать, що ринок пропозиції мінеральних вод буде зростати та збережеться подальша тенденція до збільшення споживання негазованої мінеральної води.

Надано пропозиції щодо гарантування безпечності мінеральної природної води, яка реалізується у роздрібних торговельних мережах України.

**Ключові слова:** стан ринку, мінеральна питна вода, безпечність, рівень забруднення, якість води.

**Problem statement.** The problem of quality and safety of drinking water is becoming a global issue. The modern world has become even more pretentious to the consumer properties of water in connection with the detection of chronic diseases and intoxication of people through consumption of poor-quality and dangerous drinking water [3]. According to the monitoring carried out in Ukraine, the problem of guaranteeing the mineral water safety is very acute. According to experts, more than 65% of Ukrainians use water that is unsuitable for consumption. The main causes for this phenomenon is that the rivers of Ukraine are of the 3<sup>rd</sup> and

4<sup>th</sup> degree of pollution; imbalance in the location scheme of the most water-based enterprises, imperfect water policy and legislation on safety and quality of drinking water [2].

Mineral water is considered to be underground (sometimes superficial) water with high content of some chemical elements and compounds, as well as gases with specific physical and chemical properties (temperature, radioactivity, etc.) that have a healing effect on the human body. Mineralization defines the difference between the fresh and mineral water. Mineral water often has healing properties and are used for medicinal purposes, as well as bottled in sealed packaging at the enterprises for sale through wholesale and retail networks to the population.

The amount of mineral water bottling increases every year by 15—20%, but the issue of guaranteeing mineral water safety and quality remains extremely relevant. Relevant issues with regard to providing natural mineral water include the prevalence of shallow steppe and forest-steppe zones; limited water resources of own formation (50 billion m<sup>3</sup>/year), including 21 billion m<sup>3</sup>/year of groundwater with drinking quality [11].

**Analysis of recent research and publications.** The global issue of providing high quality drinking water to the population is under continuous study by Ukrainian and foreign scientists: V.O. Prokopov, O.B. Lypovetska, O.V. Zorina, O.V. Shushkovska, O. A. Dmitrieva, O. M. Kuzminets, V. A. Sobol, G. M. Semchuk, T. Boonyakarnkul, D. Cunliffe, W. Grabow, A. Havelaar, M. Sobsey.

The overwhelming majority of scientific research is aimed at addressing the issue of water purification.

At the same time, additional complex research is required to address the issue of mineral water safety in consumer packaging within a specified shelf life.

**Purpose of the paper** is to assess the quality and safety of mineral water being sold in the Ukrainian market.

To achieve this goal, the following tasks were performed:

- mineral water analysis;
- factors of formation and preservation of consumer properties of natural mineral water;
- comparative estimation of the quality of mineral water from different producers;
- mineral water safety parameters identified in different manufacturers;
- methods identified to improve quality and guarantee mineral water safety. The object of the study was mineral water, extracted from underground wells, bottled, and sold through the retail trade network of Ukraine, packed in a consumer PET bottle with a capacity of 1.5 l from the following manufacturers:
  - TM Luzhanska (PE “Alex”);
  - TM Morshynska (PJSC “Morshyn Plant of Mineral Water “Oscar”);
  - TM Poliana Kvasova (Svaliava Mineral Water);
  - TM Truskavetska (LLC “AQUA-ECO”);
  - TM Ploskivska (Ploskovsky Mineral Water Plant).

The subject of the study — consumer properties of mineral water being sold through the retail trade network of Ukraine.

**Statement of basic materials.** The study of consumer preferences in the market of packaged mineral water showed that consumers have confidence in the popular trademarks. Thus, 10 large producers own almost 50% of the entire mineral water market and almost 70% of still water market; small trademarks and local producers, own 50% of the mineral water market and 30% of still water market, respectively [8].

Major producers of mineral water in Ukraine:

- PJSC “IDS Borjomi Ukraine” (Myrhorodska, Myrhorodska Lahidna, Aqua-Life, Old Myrhorod, Morshynska, Sorochynska, Truskavetska, Borjomi);
- Private Enterprise “Alex” (Luzhanska, Shaiana, Poliana Sribna, Poliana Svitla, Poliana Kupel-5, Poliana Kvasova-8).

Studies showed that the mineral water market has a tendency to decrease consumption of strongly sparkling mineral water and increase of consumption of medium sparkling and still mineral water. In 2016, the share of still water was 37%, which is 12% more than in 2017. The consumption of still water is increasing due to increased demand for on tap water and water in large containers delivered to home or office at request.

The economic situation in Ukraine has affected the market of natural mineral packaged water. Despite the fact that almost all water supply companies operate within the country and produce water in Ukraine, production and supply costs for 2016—2017 have increased substantially. This is due both to the exchange rate, which affected the cost of consumables (label, cap, dust cap, container), fuel and lubricants, components, and increase in tariffs for water intake and utilities. Accordingly, the production cost for consumer in comparison with January 2017 also increased (approximately by 25—40% depending on the region and supplier).

It should be noted that during 2012—2017, the sales volume in the mineral water market increased by an average of 6—8% per year. The largest demand for mineral water was observed during the period from May to September. However, the consumption culture for bottled water in Ukraine remains low. The average Ukrainian consumes about 40 litres of water per year, while a resident of neighbouring Poland consumes more than 70 litres, the Czech Republic — more than 90 litres. Analysts predict that the market for mineral water supply will grow and a further trend to increase in still water consumption will be preserved.

The main market indicators include production, export, import and market capacity (possible sales volume).

Table 1. considers the main market indicators for mineral water (in kind). Market capacity over the last 4 years has shown a negative dynamics. The reduction rate in 2014 was 5%; within the next two years this figure fell by another 9% and 5%. The reason for this trend was the decrease in the production volume of mineral water and decreased imports. During the research period, Ukrainian companies managed to increase the supply of mineral water abroad. Exports in 2016 increased 1.4-fold compared to this index in 2013. According to 1Q2017 results (compared to the same period in 2016), despite the insignificant macro-economic stabilization in the country, the market capacity has shown an increase of 7%. Supplies of domestic products abroad, as well as imports, as shown in Table 1, contributed to this increase in the production volume of mineral water. 1.

*Table 1. General market indicators of mineral water in Ukraine for 2013—1Q 2017\*, in volume terms, USD ths*

| Indicators      | 2013    | 2014    | 2015    | 2016    | 1Q 2016 | 1Q 2017 |
|-----------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Production      | 85182,0 | 81140,2 | 75621,0 | 71762,3 | 13039,2 | 13747,5 |
| Export          | 430,4   | 358,5   | 433,1   | 582,5   | 96,0    | 133,7   |
| Import          | 6159,3  | 5689,5  | 3468,6  | 3848,5  | 624,9   | 870,6   |
| Market capacity | 90911,0 | 86471,1 | 78656,5 | 75028,3 | 13568,1 | 14484,4 |
| Growth rate, %  |         | -5%     | -9%     | -5%     |         | 7%      |

\* Hereinafter the data for 2014 are given without taking into account the Crimea and the city of Sevastopol, from 2015 to 2017 — without taking into account the Autonomous Republic of Crimea, the city of Sevastopol and ATO Zone.

**Source:** State Statistics Service of Ukraine.

In monetary terms, the market of mineral water demonstrates the opposite dynamics. Market capacity in 2014 increased almost 2-fold compared to 2013. This situation arose as a result of rapid UAH devaluation and high inflation rates against the background of political crisis in 2014. In 2015, the growth rate of this indicator slowed decrease and amounted to 24%. Last year the market increased by 3%. The first quarter of this year, as compared to the same period in 2016, is also characterized by an increase in all indicators. The market capacity has shown a growth of 29%. This is justified by the fact that the trajectory of the exchange rate has become similar to last year — a jump, then return to a lower level.

The volumes of mineral water import are increasing each year: 2010 imports increased by almost 40%, 2015 — by 21%. Georgia is the main supplier of mineral water in Ukraine. Other suppliers include Russia, France, Italy, Poland. Canada, Switzerland [7].

Mineral water market monitoring indicates an increase in segment proportion of natural therapeutic mineral water packed in a container with a capacity of 0.5—1.5 litres and an increase in the consumption of medium sparkling water in the mineral water segment. Thus, in 2017, the segment of packed drinking water showed an increase in share of water packed in containers of 0.5—1.5 litres to 25%, while in 2014 this figure was 20.2%. The share of medium sparkling water in the mineral water segment is 10%, while in 2014 it was only 5%. The largest consumption of packaged water in 2017 per capita was observed in the cities of Ukraine (10.6 L). The leader is Odesa (13.6 L), second place — Kyiv (11.7 L). The lowest index was reported in the regions (8.6 L).

Accordingly, the potential of the mineral water market is high enough, provided the guaranteed level of quality and safety.

Mineral drinking water intended for human consumption for therapeutic and prophylactic purposes is the water, the composition of which according to organoleptic, physico-chemical, microbiological, parasitic and radiation indicators meets the requirements of state standards and sanitary legislation (extraction is carried out from underground or ground deposits — pump rooms, bottling points, mine wells and catchments of springs), intended to provide physiological, sanitary, hygienic, household and economic needs of the population, as well as for the manufacture of products requiring the mineral water use [4].

Each unit of consumer packaging with mineral water is labelled in accordance with the current regulatory documents. Mineral water is bottled directly near the place of extraction under compliance with sanitary requirements. Labelling and packaging analysis of the experimental samples of mineral natural table water is given (in Table. 2).

*Table 2. Analysis of labelling and packaging conformity of natural mineral water*

| Indicators  | TM Luzhanska            | TM Morshynska   | TM Poliana Kvasova      | TM Truskavetska | TM Ploskivska           |
|---|-------------------------|-----------------|-------------------------|-----------------|-------------------------|
| Name, full address and phone number of manufacturer, production site address production | +                       | +               | +                       | +               | +                       |
| Location and extraction well number   | +                       | +               | +                       | +               | -                       |
| Mineralization, g/dm <sup>3</sup>   | 2,7-4,8                 | 0,1—0,4         | 6,5-12,0                | 0,25—0,9        | 3,5-7,5                 |
| Chemical composition  | +                       | +               | +                       | +               | +                       |
| Water condition by degree of saturation with dioxin carbon                              | Strongly sparkling      | Mineral         | Mineral                 | Mineral         | Strongly sparkling      |
| Origin  | Mineral natural         | Mineral natural | Mineral natural         | Mineral natural | Mineral natural         |
| Water use   | Therapeutic table water | Table water     | Therapeutic table water | Table water     | Therapeutic table water |
| Recommendations for therapeutic use   | +                       | —               | +                       | —               | +                       |
| Main contradictions   | —                       | —               | —                       | —               | —                       |
| Designation of regulatory documents   | DSTU 878-93             | DSTU 878-93     | DSTU 878-93             | DSTU 878-93     | DSTU 878-93             |
| Consumption end date  | +                       | +               | +                       | +               | +                       |
| Batch number  | +                       | +               | +                       | +               | +                       |
| Storage conditions  | +                       | +               | +                       | +               | +                       |
| Consumer packaging  | PET container           | PET container   | PET container           | PET container   | PET container           |
| Capacity, l   | 1,5                     | 1,5             | 1,5                     | 1,5             | 1,5                     |
| Tightness of packing  | +                       | +               | +                       | +               | +                       |

During analysis of labelling and packaging conformity of still and mineral packaged water, it was found that there is no indication of the well number on the mineral water label of Ploskivska TM, which confirms the necessity of harmonization of the domestic legislation with respect to the labelling rules. Reco-

mmendations for therapeutic use are indicated in Luzhanska TM, Poliana Kvasova TM, Ploskivska TM, contraindications are common for therapeutic water, and corresponding designations are for some reason missing on the label. Consequently, the indicators of labelling and packaging of mineral and still water samples do not comply with the requirements of the Technical Regulation on Rules for labelling food products and pp. 8, 9 DSTU 878-2006 “Mineral drinking Water. Specifications”.

Identification of organoleptic parameters of the packed water quality was carried out in accordance with DsanPin 2.2.4-171-10 “Hygienic requirements to drinking water for human consumption” [2].

To assess the quality of drinking mineral water, we have developed a 5-point scale for assessing the mineral water quality (Table. 3).

*Table 3. Organoleptic evaluation of drinking water quality*

| Indicator          | Description according to RD  | TM Luzhanska   | TM Morshynska   | TM Poliana Kvasova  | TM Truskavetska   | TM Ploskivska   |
|--------------------|--|--|---|---|---|---|
| Appearance         | Very pleasant, typical of drinking water                           | Very pleasant, typical of drinking water                           | Pleasant, typical of drinking water                         | Pleasant, typical of drinking water                         | Pleasant, typical of drinking water                         | Pleasant, typical of drinking water                         |
|                    | <i>Score</i>   | 4,9  | 4,6   | 4,7   | 4,5   | 4,3   |
| Clarity            | High   | High   | High  | High  | High  | High  |
|                    | <i>Score</i>   | 4,9  | 4,8   | 4,8   | 4,8   | 4,7   |
| Flavour            | Very pleasant, typical of drinking water without a foreign flavour | Very Pleasant, typical of drinking water without a foreign flavour | Pleasant, typical of drinking water, with a slight flavour  | Pleasant, typical of drinking water, with a slight flavour  | Pleasant, typical of drinking water, with a slight flavour  | Pleasant, typical of drinking water, with a slight flavour  |
|                    | <i>Score</i>   | 4,9  | 4,3   | 4,5   | 4,0   | 3,8   |
| Odour              | Very pleasant, typical of drinking water without a foreign odour   | Very pleasant, typical of drinking water without a foreign odour   | Pleasant, typical of drinking water without a foreign odour | Pleasant, typical of drinking water without a foreign odour | Pleasant, typical of drinking water without a foreign odour | Pleasant, typical of drinking water without a foreign odour |
|                    | <i>Score</i>   | 4,8  | 4,5   | 4,3   | 4,5   | 4,5   |
| Colour             | Clear, typical   | Clear, typical   | Clear, with a slight colour                                 | Clear, with a slight colour                                 | Clear, with a slight colour                                 | Clear, with a slight colour                                 |
|                    | <i>Score</i>   | 4,9  | 4,4   | 4,7   | 4,4   | 4,5   |
| <i>Total score</i> |  | 24,4   | 22,6  | 23,0  | 22,2  | 21,8  |

According to the results of the organoleptic evaluation, the highest score was received with the sample of packaged drinking water TM Luzhanska due to high

scores for all indicators. The lowest score in organoleptic evaluation was given to TM Ploskivska due to the low flavour score.

Objective assessment involves a comprehensive combination of organoleptic and physico-chemical indicators. The following quality and safety indicators of drinking mineral water were determined by physical and chemical methods:

- hydrogen value (pH);
- iron content (III).

Hydrogen value (pH) is one of the most important indicators of water quality, which determines the nature and rate of the chemical and biological processes, indicates the degree of acidity or alkalinity of water. At neutral pH (7.0), acids and alkalis are present in water in equal quantities (or absent at all). This medium is the most balanced and optimal for biochemical reactions in the body. At the same time, water with a reduced pH has increased corrosion activity, and with increased pH it has a characteristic medium alkalinity, causes offensive odour, eyes and skin irritation. Natural pH is usually within the limits, where it does not directly affect the consumer water quality.

Results for hydrogen value of mineral water, that characterizes the acidity of medium, are given in Table 4.

*Table 4. Hydrogen value of mineral water*

|    | TM Luzhanska | TM Morshynska | TM Poliana Kvasova | TM Truskavetska | TM Ploskivska |
|----|--------------|---------------|--------------------|-----------------|---------------|
| pH | 7.5          | 6.4           | 7.8                | 7.23            | 7.9           |

Thus, the hydrogen value of the packaged water samples was characterized by the following indicators: mineral water TM Luzhanska — 7.5, mineral water TM Morshynska — 6.4, mineral water TM Poliana Kvasova — 7.8, mineral water TM Truskavetska — 7.23, mineral water TM Ploskivska — 7.9.

According to DSanPin 2.2.4-171-10 “Hygienic requirements to drinking water for human consumption”, the hydrogen value of still and mineral water should be from pH 6.5 to 8.5. The only sample that does not meet standard requirements is the mineral water TM Morshynska (pH 6,4). It is believed that this is due to the fact that carbon dioxide dissolves in water during air contact, from which the carbonic acid  $H_2CO_3$  is formed; this results in decreased water pH up to 5.7—6. This causes a slight sour taste, which worsens the organoleptic properties of water.

In addition to acidity level, iron content (III) was evaluated, which is one of the most common natural elements. The superficial sources water usually contains iron in the form of organic compounds, mainly colloidal (insoluble in water). Iron (III) can create conditions for bacterial iron development. As a result, the water supply systems can be “overgrown” completely in a few months. The water containing iron can have a rainbow film on the surface and create an iron precipitate on pipes of the water supply systems. In addition to the natural content of iron (II) and iron (III), it is added metal surfaces corrosion in water. Long-term human use of water with an iron content of more than 0.2 mg/l leads to liver disease, increased risk of heart attack, and the like. With high iron concentrations water develops a characteristic metallic flavor, which negatively affects the taste of beverages [5].

The results of iron content (III) identification in drinking water, which characterizes the level of pollution and water safety, are given in Table 5.

*Table 5. Iron content (III) in drinking mineral water*

|      | TM Luzhanska | TM Morshynska | TM Poliana Kvasova | TM Truskavetska | TM Ploskivska |
|------|--------------|---------------|--------------------|-----------------|---------------|
| mg/l | 0.0000       | 0.0021        | 0.0021             | 0.0021          | 0.0041        |

Consequently, the iron content (III) in still packaged water was characterized by the following values: mineral water TM Luzhanska — 0.0000 mg/l, mineral water TM Morshynska — 0.0021 mg/l, mineral water TM Poliana Kvasova — 0.0021 mg/l, mineral water TM Truskavetska — 0.0021 mg/l, mineral water TM Ploskivska — 0.0041 mg/l. According to DSanPin 2.2.4-171-10 “Hygienic requirements to drinking water for human consumption” the maximum permissible iron content in still packaged water shall not exceed 0.2 mg/l. Consequently, we can conclude that the iron content in still packaged water samples meets the requirements of DSanPin 2.2.4-171-10 “Hygienic requirements to drinking water for human consumption” [4].

### **Conclusions and proposals**

Thus, based on results of organoleptic and physico-chemical studies of still packaged mineral water samples, we can conclude:

- Studied mineral water samples have a good level of organoleptic properties;
- Mineral water TM Morshynska does not meet the requirements of DSanPin 2.2.4-171-10 “Hygienic requirements to drinking water for human consumption” relative to the hydrogen value (pH 6,4), which is explained by the probable violation of production process due to excessive water-air contact;
- Studied samples have a very low iron content (III), meet the requirements of DSanPin 2.2.4-171-10 “Hygienic requirements to drinking water for human consumption” and are safe for consumption.

In order to ensure the guaranteed level of the mineral water quality and safety, we offer:

1. To ensure proper financing of the National Target Program “Mineral Water of Ukraine” for 2018—2026.

2. To implement the “Procedure for state registration of artesian wells...” (Resolution No. 963 of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated 08.10.2012) and finalize the Code of Ukraine “On Subsoil” in the area of drinking groundwater extraction for own household and economic needs without obtaining special permits and mining lease;

3. To introduce ecological and economic methods of water management.

4. To introduce accelerated monitoring of surface and underground water facilities (ground, Earth remote sensing, and permanent models).

We believe that these measures will contribute to the improvement of mineral water quality and safety, and will be assimilated among the population for treatment and healing purposes.



**References**

1. GOST 4011-72 (1974). Drinking water. Methods for measuring the mass concentration of total iron, Publishing house of standards, M., P.8.
2. GOST 4151-72 (1974). Drinking water. Method for determining the total stiffness, M., P. 6.
3. *Dmitrieva E.A.* (2004). Socio-ecological issues of water quality in water bodies - sources of drinking water supply, Municipal economy of cities: scientific-technical coll, Engineering, K., P. 50—59.
4. *Kruglova A.A.* (2009). Legal framework improvement for packaged mineral and drinking water, Abstract Thesis for a degree of Can. Tech. Sc., Lviv, P. 23.
5. *Sydorenko O.V.* (2015). Factors for quality formation of drinking water, Ukraine and the EU: overcoming technical barriers in trade (Kyiv, 18—19 March 2015): thesis reported, Kyiv National Trade & Economic University, K., P. 261.
6. *Shcherbak V.I.* (2013) Estimation of potential and current threats to the ecological condition, water quality and diversity of various types of reservoirs and watercourses of metropolis, Integrated Management of Water Resources, K., P. 26—39.
7. World Health Organization (1997). Guidelines for drinking-water quality, Geneva, P. 5—7.

## STATE OF THE INNOVATIVE SYSTEM OF UKRAINE

T. Bereziianko

*National University of Food Technologies*

---

**Key words:**

*National innovation system*

*Global indexes*

*State policy*

*Public and business interest*

*Innovation structure*

---

**Article history:**

Received 13.07.2018

Received in revised form 30.07.2018

Accepted 13.08.2018

---

**Corresponding author:**

T. Bereziianko

**E-mail:**

[npnuht@ukr.net](mailto:npnuht@ukr.net)

**ABSTRACT**

---

The materials of the research contain the analysis of development state of the Ukrainian innovation system. The concept of alignment, which was replaced by the concept of “designing of profit and profit making nodes”, was investigated. This trend was encouraged by the development of globalization processes, in particular competition. The views of domestic scientists on innovation are researched. In one case, innovation is interpreted as the result of the scientific creative process in the form of new technologies, knowledge, methods, etc., and in the other — as a process of introducing new products, principles, elements instead of existing. It has been found that inattention to technical professions is formed in society and transits into family education (parent guidance, negative public experience and media neglect) and schools. We have detected the main problems, restrictive factors, tasks to be solved during the process of stabilization and renewal of national economy. The national innovation system is considered in the context of compliance with the international measurements and the concept of transition to the formation of knowledge society. The aim of this paper is to identify the main disproportions of the development management of the national innovation system. In our study we have used the method of comparison, confrontation, system analysis as well as survey. Research results. It is proved, that the main restrictive factor while forming of comprehensive whole and developing of its breakthroughs is inconsistent, and sometimes destructive management, insufficient activity of public administration and residual financing of needs. For almost 20 years in Ukraine, there were two peaks of innovative financing: both due to external factors. We have identified the differences between the needs of the national innovation system, business expectations and the requirements of international regulators. In general, this can be diagnosed as a consequence of an institutional destructive policy at the state level. Recommendations. Forming of an effective and competitive national innovation system requires the legislative and tool consolidation of innovative development of the country, creation and structuring of the innovation market under national control.

---

DOI: 10.24263/2225-2924-2018-24-4-15

---

## СТАН ІННОВАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ УКРАЇНИ

Т.В. Березянюк

Національний університет харчових технологій

У матеріалах дослідження проаналізовано стан розвитку інноваційної системи України. Розглянуто концепцію вирівнювання, яка була замінена концепцією проектування вузлів прибутку та отримання прибутку. Ця тенденція зумовлена розвитком процесів глобалізації, зокрема конкуренції.

Досліджено погляди вітчизняних вчених на інновації. В одному випадку нововведення інтерпретуються як результат наукового творчого процесу у вигляді нових технологій, знань, методів тощо, а в іншому — як процес впровадження нових продуктів, принципів, елементів замість існуючих. Виявлено, що ігнорування технічних професій сформоване в суспільстві та переходить до сімейної освіти (батьківське керівництво, негативний публічний досвід і занедбаність у ЗМІ) та шкіл. Виявлено основні проблеми, обмежувальні чинники, завдання, які потрібно вирішити в процесі стабілізації та відновлення національної економіки. Національна інноваційна система розглядається в контексті дотримання міжнародних вимірювань та концепції переходу до формування суспільства знань.

Проаналізовано основні диспропорції управління розвитком національної інноваційної системи. Використано метод порівняння, конфронтацію, системний аналіз, а також опитування. Доведено, що основним обмежувальним чинником при формуванні комплексного цілого та розвитку його прориву є несумісне, а іноді й деструктивне управління, недостатня активність державного управління та залишкове фінансування потреб. Протягом майже 20 років в Україні існувало два піки інноваційного фінансування, які були пов'язані із зовнішніми чинниками. Визначено відмінності між потребами національної інноваційної системи, очікуваннями бізнесу та вимогами міжнародних регуляторів. Загалом, це може бути діагностовано як наслідок інституційної деструктивної політики на державному рівні. З'ясовано, що формування ефективної та конкурентоспроможної національної інноваційної системи вимагає законодавчої та інструментальної консолідації інноваційного розвитку країни, створення та структурування інноваційного ринку під національним контролем.

**Ключові слова:** національна інноваційна система, глобальні індекси, державна політика, інтереси суспільства та бізнесу, інноваційна структура.

**Постановка проблеми.** Основним засобом отримання конкурентної переваги всі роки становлення національної ринковості залишалось лідирування за витратами, а інструментом його забезпечення стало використання інновацій як джерела вищої продуктивності праці.

З цією метою було впроваджено концепцію національної інноваційної продуктивності (НІП), за допомогою якої світові рейтингові агенції та економічна спільнота визначали здатність країни (її політичного та економічного

управління) розробляти та комерціалізувати потік інноваційних технологій на довгострокових умовах.

Значення інноваційних показників та інноваційної діяльності в нашій країні порівняно з 1990 р. знизилось у 8—15 разів. Аналітики вважають, що це й спонукає ефективні працездатні кадри до активної міграції. Хоча найбільш ефективним інструментом зростання та розвитку визнано продуктивність праці, а найліпшим інструментом її нарощування є використання інновативних засобів розвитку потенціалу. Рейтингові оцінки України знижуються з року в рік.

Рівень ВВП на душу населення у 2016 р. склав лише 2 100 дол. США (найнижчий у Європі). Якщо порівняти із попередніми значеннями, а саме з 1990 р. — 1 570 дол. США (за даними Світового банку), 1999 р. — 635,9 (40,5% від рівня 1990 р.), 2004 р. — 1 370 дол. США (87,2% від рівня 1990 р.), 2007 р. — 3 069 дол. США (194%), 2010 р. — 2 545,9 (або 82,9% від рівня 2007 р.), 2014 р. — 3 014,6 (або на 25% менше за попередній рік), 2 185,9 (або 54,2% від рівня 2013 р.), то наявні пікові значення падіння в періоди ліберально-демократичної активізації (2005—2010 рр. та 2013—2016 рр.) [1; 2]. Реальний валовий національний продукт, якщо порівняти з 1990 р., становив: у 1999 р. — 43,2%, у 2004 р. — 61,0%, у 2010 — 41,7%, у 2013 р. — 35,4% [3; 4]. За показником «Ефективність уряду» Україна займає 130 місце із 144 країн.

Лише за рахунок розвитку людського капіталу Україна посідає 31 місце, що відповідає рівню розвинених ринкових країн. З огляду на вищевикладене об'єктом дослідження обрано складові національної інноваційної системи.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** На сьогодні проблемами розвитку інноваційної діяльності займаються такі науковці: М. Б'юкенен, К. де Брессон, В. Фельдман, Дж. Толенадо, О.І. Амоша, Б.М. Андрушків, З.С. Варналій, М.В. Геєць, Ж.А. Говоруха, С.Г. Дрига, О.О. Ільченко, В.В. Зянько, І.В. Федулова та інші.

**Мета дослідження:** визначення проблем створення та реалізації наукових знань, технологій, забезпечення інноваційного процесу та функціонування національної інноваційної системи.

**Викладення основних результатів дослідження.** Сучасна світова економічна ситуація характеризується певними особливостями, які спонукають до коригування інструментів розвитку економічних агентів. По-перше, раніше успішність економіки та підприємства ґрунтувалась на контролі над природними ресурсами та капіталом, у теперішній час суспільство існує в умовах «інтелектуальної економіки». По-друге, зростання споживання зумовлене передусім використанням інформаційних продуктів і послуг, а не підвищенням попиту на традиційні масові промислові товари. По-третє, посилюється розрив у суспільному добробуті між країнами, що виробляють інтелектуально-інноваційний продукт, і тими, діяльність яких зосереджена на виробництві промислових товарів. По-четверте, найбільш вагомою компонентою накопичення суспільного багатства стають розвиток індивідуальних здібностей людини, сукупний людський капітал, а найкращими інвестиціями для забезпечення високих ринкових позицій є інвестиції в розвиток людини.

Наукомісткі технології впливають на стан розвитку суспільства в цілому. Частка технологічних інновацій в обсягу ВВП економічно розвинених країн становить від 70 до 90% [5]. Західні дослідники оцінюють інноваційну поведінку підприємств як сукупність таких чинників:

- 1) обсяг змін, які вони викликають в асортименті продукції, процесах виробництва та організації діяльності підприємства;
- 2) кількість напрямків діяльності підприємства, які вони змінюють;
- 3) як багато функцій, завдань і методів роботи вони змінюють;
- 4) наскільки нові вироби та процеси відрізняються від попередніх [6].

Вітчизняні дослідники притримуються двох основних точок зору на інновації. В першому випадку інновація трактується як результат наукового творчого процесу у вигляді нових технологій, знань, методів тощо, а в іншому — як процес впровадження нових виробів, принципів, елементів замість існуючих [7; 8].

У 90-і роки ХХ ст. США випередили Європу та Японію завдяки концентрації інновацій та стимулювання розвитку галузей промисловості п'ятої хвилі. США отримали скорочення витрат в галузях, що забезпечують інформаційні технології, за рахунок розширення спеціалізації в рамках міжнародного розподілу праці та імміграції, завдяки якій утримувалась низька ставка оплати праці в допоміжних галузях. Крім того, з метою збереження конкурентних переваг було суттєво знижено оплату праці в галузях третьої та четвертої хвилі, що закріпило перевагу за витратами порівняно з Європою.

Інноваційний процес спрямований на створення нових ринків продуктів, технологій та послуг і реалізується в тісній взаємодії з економічним середовищем. Його цілі, темпи та динаміка суттєво залежать від реалій соціально-економічного середовища, що склалося в виробництві. Базою інноваційного процесу є гармонійне поєднання створення й експлуатації нової техніки і технологій з інвестиційними механізмами, які забезпечують її реалізацію. В ринковій економіці галузева та підприємницька наука не зможе займатися цими дослідженнями, звісно, окрім держав-корпорацій. Адже промислові інновації — це результат багаторічних фундаментальних досліджень. Фундаментальна наука в розвитку інноваційних процесів має пріоритетне значення тому, що вона є генератором ідей, відкриває шлях до нових напрямків пошукових досліджень. Так, якщо взяти витрати на фундаментальні дослідження за сто відсотків, то наукові дослідницькі розробки вимагають витрат у квадраті, дослідницько-конструкторські розробки — витрат у четвертому ступені, а впровадження та випуск нового продукту — витрат у восьмому ступені [9].

Забезпеченню реалізації інноваційного шляху розвитку сприяє виважений макроекономічний підхід, коли основою оптимізації стають не тільки інноваційно-інвестиційної політики, але й низка інших напрямків державного регулювання — технологічної, структурної, фіскальної, приватизаційної, соціальної та природоохоронної політики. І головне завдання держави, яка відмовилась від шляху само руйнації, орієнтуватись на мобілізацію внутрішніх ресурсів, відмовитись від зовнішнього керування, яке перетворилось на економічну та інституційну пастку, привести систему управління до національній потреб і зробити ставку на використання людського капіталу. Це і буде найліпшою менеджерською інновацією України.

У 2017 р. Україна зайняла 50 місце із 127 країн в шкалі Глобального індексу інновацій [10]. Україна займає 101 місце за рівнем показника «Інституції», за рівнем розвитку інфраструктури — 90 місце, показниками ефективності ринків — 43,2, або 81 місце (торгівля і конкуренція — 48, кредити — 71, інвестиції — 107), за підпоказником «бізнес-досвід» — 51 місце (за кількістю працівників розумової праці — 41 місце, інноваційними знаннями — 72, сприйняттям знань — 63 місце). При цьому країна демонструє високий рівень результативності наукових досліджень — 32 місце поряд із низьким рівнем впливу їх реалізації — 77. Достатньо високим є і значення індексу «креативність» — 49 місце, онлайн креативність — 47 місце. В глобальному рейтингу конкурентоспроможності Україна посідає 82 місце між Бразилією та Бутаном.

За критеріями оцінка України складає: частка витрат на науково-дослідницьку діяльність у ВВП — 47; ефективність промисловості — 48; зростання ВВП на душу дорослого населення за три роки — 50; частка місцевих високо-технологічних компаній у бізнесі країни загалом — 32; ефективність вищої освіти — 21; концентрація вчених — 46; патентна активність — 27.

Довідково: ефективність освіти розраховується як частка дипломованих випускників вищих навчальних закладів до частки випускників з інженерно-технічною освітою. В західних ринкових країнах прийнято університетську освіту відносити до складу академічної та гуманітарної. У свою чергу, конкурентна перевага країни в основному забезпечується за рахунок техніко-технологічної переваги. Тоді стає зрозумілим методичний підхід. В історії ринковості України був період 1990—1995 рр., коли саме ринкові перетворення виштовхнули в сектор непрофільної самозайнятості саме дипломованих спеціалістів інженерного профілю. Неможливість фактичного та достойного працевлаштування за інженерною спеціальністю протягом 20 років скоротила до мінімуму бажання отримати технічну освіту в країні (в 2017 р. на факультет механіки в Національному університеті харчових технологій було подано лише три заявки). Ця ситуація стала віддзеркаленням структурних зрушень в економіці та результатом деіндустріалізації країни. Неувага до технічних професій формується в суспільстві і транзитуються у сімейне виховання (батьківські настанови, негативний громадський досвід і медійна зневага) та школи (послаблення якості викладання точних наук, особливо в містечках та селищах, відсутність позашкільного заохочення через громадські гуртки технічного розвитку, а також відсутність матеріальної й технічної бази для їх функціонування).

Означений висновок збігається з даними соціологічних досліджень, проведених провідними національними агенціями. Руйнування засобів соціального зростання на базі освіти та спроможності використання навичок у робочій практиці змушує молодь орієнтуватись на суспільства із визначеною та формалізованою програмою набуття високого соціального становища.

У процесі аналізу наведених даних очевидно, що науково та освітньо сформовані орієнтири соціального зростання наявні в європейській системі розвитку особистості та суспільства в цілому. На наш погляд, цей фактор

значним чином впливає на процес обрання місця та юрисдикції реалізації як молоді, так і професійно розвинених членів суспільства.

*Таблиця 1. Орієнтири соціального зростання, %*

| Фактори   | Україна |      |      | ЄС   |      |      |
|---|---------|------|------|------|------|------|
|   | 2009    | 2012 | 2016 | 2009 | 2012 | 2016 |
| Високий інтелект                                    | 30,3    | 31,8 | 36,6 | 56,1 | 60,8 | 60,1 |
| Вміння обходити закон                               | 33,1    | 33,1 | 29,2 | 5,3  | 5,5  | 4,7  |
| Соціальний статус родини (походження)               | 37,9    | 38,6 | 33,9 | 24,2 | 22,5 | 14,9 |
| Гарна освіта  | 25,8    | 26,4 | 20,7 | 49,0 | 48,4 | 52,2 |
| Орієнтація на збагачення, індивідуалізм             | 46      | 45   | 42   | 47   | 43   | 42   |
| Можливість самореалізації у власній країні          | 66      | 56   | 32   | 83   | 86   | 88   |
| Довіра до системи влади                             | 23,3    | 28,8 | 10,6 | 63,1 | 67,6 | 55,3 |
| Важливість ролі науки у суспільстві                 | 35      | 48   | 34   | 67,3 | 70,2 | 78,3 |
| Використання владою рекомендацій національної науки | 33      | 35   | 33   | 58   | 67   | 72   |

**Примітка:** укладено за джерелами [11].

Україна має 35 місце в оцінці обов'язкової освіти, 45 — за кількістю дослідників, якістю наукових інститутів — 41, зайнятості — 27, але основною проблемою залишаються нормативні умови ринку праці — 103 місце.

В Україні погіршено рейтингові позиції за всіма складовими індексу «Інновації», крім показника «Наявність учених та інженерів». Найгірший стан у рубриці «Державні закупівлі новітніх технологій і продукції» — з 86 позиції на 92, а також у напрямі «Зв'язки університетів з промисловістю» — з 57 на 73 позицію. І лише на позицією «Доступ до Інтернет на 100 осіб» — наявний позитивний тренд.

Порівняно з місцем в інноваційній індексації Європейське інноваційне табло з 2010 р. по 2017 р. відбулось погіршення оцінки на 4,2%. За Глобальним індексом конкурентоспроможності в 2017 р. Україна посіла 69 місце серед 118 країн проти 66 місця в 2016 році. В цілому це можна діагностувати як наслідок інституціональної деструктивної політики на рівні держави.

Однак Україна має виключні позитивні приклади, що реалізовані всупереч ситуації: 7 українців увійшли до переліку 100 найкращих інноваторів Європи у сферах робототехніки, біосенсорики та комп'ютерної грамоти, виробництва енергоефективних будинків, HR-технологій, медіа та Інтернет засобів [12].

Правова основа ефективної діяльності національної інноваційної системи забезпечується комплексом законів України. У сфері науково-технічної діяльності функціонує понад 25 міжнародних договорів, дія яких створює сприятливі умови для співробітництва та оновлення наукового обладнання. Основними завданнями у сфері співробітництва урядом України визначено заходи (ст.ст.157, 159, 372, 375, 376 Угоди про асоціацію між Україною та Європейським Союзом), втілення яких сприятиме формуванню середовища з

передачі технологій і спрощення використання комерційних інноваційних продуктів.

Аналітики відмічають відсутність цілісної системи управління національною інноваційною системою: функції розподілено між Міністерством освіти і науки України та Міністерством економічного розвитку і торгівлі України, що заважає узгодженню між інвестиційною політикою та інноваційними проектами. Крім того, значна кількість обмежувальних заходів Міністерства фінансів України перешкоджає реалізації інновацій і гальмує розвиток науково-технічного потенціалу.

Проте є і позитивні зрушення: в 2016 р. створено окремий Національний комітет з промислового розвитку, в 2017 р. — Національну раду України з питань розвитку науки і технологій та Раду з розвитку інновацій. Однак їх діяльність неузгоджена, що не дає змоги забезпечити ефективний вплив на рішення уряду з розвитку інновацій.

Означені проблеми посилюються на рівні регіонів. Зупинено дію багатьох елементів інноваційної інфраструктури, закриті інноваційні парки та інкубатори (2005 р. — законодавче зупинення системи наукових і технологічних преференцій). Роками знаходяться та підправляються на доопрацювання законодавчі пропозиції з покращення й розвитку інноваційної діяльності.

Інноваційна активність підприємств протягом усіх років залишається вкрай низькою. Так, з 2010 р. по 2016 р. обсяг реалізованої інноваційної продукції скоротився на 32% на внутрішньому ринку і на 21% — в експорті. Так, в 2016 р. частка високотехнологічної продукції скоротилась на 17%, а середньотехнологічної — на 43,1%, якщо порівняти з показниками 2002 року. Основним джерелом фінансування залишаються власні кошти підприємств (85%). Натомість зросла частка низько технологічних галузей до 41,3%. За даними Державної служби статистики України, у 2016 році лише 18,9% підприємств впроваджували інновації: лише 723 підприємства впроваджували інновації, з яких 400 — застосовували нові технологічні процеси, а 570 — реалізували інноваційну продукцію. За даними дослідників, питома вага інноваційної продукції знижувалась у періоди з 2005—2010 рр. та 2013—2017 рр. [13; 14]. Питома вага реалізованої інноваційної продукції неодноразово знижувалась до рівня 3,8% (2010 р.), тоді як у розвинених країнах цей показник стабільно перевищував 20%.

Найбільш активно проводили інновативну діяльність підприємства з виробництва харчової продукції, напоїв і тютюнових виробів — 21,6%.

Аналітики відмічають, що значна частка інновативних заходів припадає на засоби маркетингу та менеджменту, які здебільшого застосовує сектор торгівлі та послуг, а не на техніко-технологічні інновації реального виробництва. Йдеться насамперед про засоби просування продукції, PR- та HR-діяльність, використання електронної комерції, логістики та мотивації персоналу. На фінансування цього напрямку було витрачено 5,6% коштів, спрямованих на інновації.

Нами було виконано власне дослідження у період з 2007 р. по 2016 р., хоча й з обмеженим обсягом вибірки.



*Таблиця 2. Основні перешкоди інноваційній активності підприємств (результати опитування), %*

| Фактори негативного впливу  | За даними IFC |           | Відповіді керівних працівників підприємств |           |
|---|---------------|-----------|--|-----------|
|   | 2000—2004     | 2007—2016 | 2000—2004                                  | 2007—2016 |
| Відсутність фінансування  | 75            | 23        | 86   | 92        |
| Відсутність коштів у замовників                                   | 50            | 12        | 40   | 50        |
| Нерозвиненість фінансово-кредитної системи/високі кредитні ставки | 42            | 22        | 39   | 50        |
| Недосконалість законодавства                                      | 25            | 15        | 32   | 38        |
| Нерозвиненість сировинної бази                                    | 15            | 15        | 29   | 29        |
| Високий економічний ризик   | 30            | 18        | 24   | 28        |
| Несформований попит   | 8             | 10        | 15   | 34        |
| Нерозвиненість міжнародних зв'язків                               | 25            | 12        | 11   | 12        |
| Жорстке/преференційне державне регулювання                        | 28            | 10        | 15   | 29        |
| Корупція  | 10            | 38        | 12   | 22        |
| Неефективне державне управління                                   | 36            | 22        | 12   | 28        |
| Небажання власника/інвестора                                      | 6             | 6         | 15   | 34        |

**Примітка:** укладено за даними статистики та власними опитуваннями.

Україна продовжує втрачати конкурентні позиції на ринках високотехнологічних товарів і послуг. За даними Державної служби статистики України 75% патентів національних власників втратили чинність через несплату зборів на підтримку дієвості, тільки 7% патентів використовується в економіці. Причина — відсутність системи стимулів, довготривалий і ресурсовитратний спосіб реєстрації. У свою чергу, це підтримує процес «патентної міграції», який складає щорічно 10—12%.

### **Висновки**

Систематизація результатів проведеного опитування та дані залучених наукових спостережень і статистики дають змогу зробити такі висновки:

1. За весь період з 2000 р. по 2016 р. не вирішено питання фінансування. Залучення венчурних, позикових та інших ринкових ресурсів мали обмежений та спекулятивний характер і забезпечували лише «зняття вершків». Отримані прибутки виводились за межі країни без залежності від джерела надходження (80% надходжень поступали з офшорних джерел на короткострокове фінансування розробок).

2. Законодавче регулювання та державне управління мають ситуативний і преференційний характер. Означене питання досліджено в багатьох публікаціях автора.

3. Набули ознак бар'єрів неринкові форми стримування: опортунізм власника, ефект жадібності, ресурсна орієнтація ринків країни.

У результаті проведеного дослідження стану національної інноваційної системи виявлено цілу низку негативних чинників, які стримують її розвиток. Це насамперед, суперечливі політичні рішення, зниження рівня державної уваги, що вплинуло на характер управлінських рішень, визначення пріори-

тетів, фінансування, законодавчу підтримку. Особливої уваги вимагає регулювання у сфері інтелектуальної власності.

На наш погляд, потребують подальшого дослідження та порівняння із провідною практикою, насамперед розвинених європейських країн, державне управління інноваційними процесами, належне економічне забезпечення, система прогнозування на дострокову перспективу, цільове забезпечення пріоритетів, а також система освіти, збереження та підтримка національних наукових кадрів.

### **Література**

1. *Євсєєва Г.П., Кривчик Г.Г.* Україна vs УРСР: парадигми економічного розвитку [Електронний ресурс] — Режим доступу : <http://eadnurt.diit.edu.ua/bitstream/123456789/-3899/1/%D0%94%D0%B2%D1%96%20%D0%BF%D0%BF%D0%B0%D1%80%D0%B0%D0%B4%D0%B8%D0%B3%D0%BC%D0%B8.pdf>.
2. Валовой внутрений продукт. Минфин — всё о финансах: новости, курсы валют, банкнот [Електронний ресурс]. — Режим доступу : [www.minfin.com.ua/economy/gdp/](http://www.minfin.com.ua/economy/gdp/) — Дата публікації: 19.09.2017. — Дата перегляду : 12.12.2017.
3. Висновки щодо виконання Державного бюджету України за 2005 рік — Київ : Рахункова Палата України, 2005. — Випуск 6. — 68 с.
4. Соціально-економічний стан України: наслідки для народу та держави: національна доповідь / за заг.ред. В.М. Гейця [ та ін.]. — Київ : НВЦ НБУВ, 2009. — 687 с.
5. Рекомендації парламентських слухань на тему: «національна інноваційна система: стан та законодавче забезпечення розвитку» // Економіст. — 2018. — № 3. — С. 19—25.
6. European Innovation Scoreboard 2016. Belgium : European Commission, 2016. — 96 p. [Електронний ресурс]. — Режим доступу : <https://www.google.com.ua>.
7. *Ілляшенко С.М.* Управління інноваційним розвитком: монографія / С.М. Ілляшенко, О.А. Біловодська. — Суми : Університетська книга, 2010. — 281 с.
8. *Покідіна В.* Університети та бізнес: міжнародний досвід співпраці та перспективи для України / Проект «Популярна економіка: ціна держави». — (№ 41) 24 травня 2016 року. — С. 14
9. *Kupets O.* Education in Transition and Job Mismatch: Evidence from the skills survey in non-EU transition economies / Kyoto University, Discussion paper. — (№ 915) February 2015 [Електронний ресурс] — Режим доступу : <http://repository.kulib.kyotou.ac.jp/dspace/bitstream/2433/195912/1/DP915.pdf>.
10. Global Innovation Index [Електронний ресурс] Режим доступу : <http://www.globalinnovationindex.org/gii-2017-report>.
11. Стан сучасного українського суспільства: цивілізаційний вимір / [О.Г. Злобіна, Н.В. Костенко, М.О. Шульга та ін.] за ред. М.О.Шульги. — Київ, Інститут соціології НАН України, 2017. — 198 с.
12. Сім українців увійшли до New Europe 100 — рейтингу 100 інноваторів Європи [Електронний ресурс] — Режим доступу : <https://kfund-media.com/sim-ukrayintsiv-uvijshly-do-new-europe-100-rejtyngu-100-innovatoriv-yevropy/>.
13. *Дрига С.Г.* Інновацид замість інноваційної політики / С.Г. Дрига // Проблеми та перспективи розвитку інноваційної діяльності в Україні: X Міжнародний бізнес-форум (Київ, 21 березня 2017р.) / відп. ред. Мазаракі А.А. — Київ : Київ.нац.торг.-екон.ун-т, 2017. — С. 59—61.
14. *Ковальчук С.* Сучасний стан інноваційного розвитку промислових підприємств України / С. Ковальчук // Економіст. — 2012. — № 10. — С. 27—32.

**IDENTIFICATION AND EVALUATION  
OF PROFESSIONAL RISK AT THE ENTERPRISE  
BY METHOD OF OPERATION SAFETY AND EFFICIENCY**

**N. Volodchenkova**

*National University of Food Technologies*

---

**Key words:**

*Danger*

*Risk*

*Decision*

*Efficiency*

*Management*

---

**Article history:**

Received 03.07.2018

Received in revised form  
20.07.2018

Accepted 16.08.2018

---

**Corresponding author:**

N. Volodchenkova

**E-mail:**

volna22@bigmir.net

---

**ABSTRACT**

Statistics on labour safety in Ukraine indicate that the level of injury remains at a high level. One of the important parts of the activity of any enterprise of food industry is the analysis and prevention of dangerous situations that can lead to industrial injury, occupational disease or death of the employee. In order to control and minimize risk that may be the reason of accidents identification and evaluating the risk of the company, arising in the course of the production activity are carried out.

Results of the analysis of international standards about management of risks are presented in the paper and methods of identification and prejudice the dangers by functional analysis of the dangers are given. The algorithm of identification and register of risks is developed. During the identification of potential danger, the key and control words for each stage (segment) of technological process and determine the possible deviation, reasons and consequences of these deviations and loss as a result of possible deviations is proposed to use. A matrix of possible deviations is developed. Based on the analysis of in order to prejudice possible dangers measures are developed and responsible person that control stage of the technological process is appointed.

Identifying and evaluating the production risks will prevent from dangerous situations, cases of injury and occupational diseases, that will ensure the preservation of health and life of workers and the welfare of the whole enterprise. The strategy, which is aimed at risk management, will provide the opportunity to determine for the enterprise, just those risks that are potentially able to cause serious negative consequences.

## ІДЕНТИФІКАЦІЯ ТА ОЦІНЮВАННЯ ПРОФЕСІЙНОГО РИЗИКУ ПІДПРИЄМСТВА МЕТОДОМ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ БЕЗПЕКИ І ПРАЦЕЗДАТНОСТІ

Н.В. Володченко

Національний університет харчових технологій

Статистичні дані з питань безпеки праці в Україні свідчать про те, що рівень травматизму залишається досить високим. Однією з важливих ланок діяльності будь-якого підприємства харчової промисловості є аналіз і запобігання ризику виникнення небезпек або небезпечних ситуацій, що можуть призводити до виробничої травми, профзахворювання або загибелі працівника. З метою контролю та мінімізації джерел ризику, що можуть бути причиною нещасних випадків, проводиться ідентифікація й оцінювання ризиків на підприємстві, які виникають у процесі виробничої діяльності.

У статті представлено результати аналізу міжнародних стандартів з менеджменту ризиків і наведено методичку ідентифікації та запобігання небезпекам методом функціонального аналізу дослідження небезпек і працездатності. Розроблено алгоритм ідентифікації та реєстру ризиків. При проведенні ідентифікації можливих небезпек пропонується використовувати ключові та керуючі слова для кожної стадії (сегмента) технологічного процесу та визначати можливі відхилення, причини та наслідки цих відхилень і втрати внаслідок можливих відхилень. За результатами складається матриця можливих відхилень. На основі проведеного аналізу розробляються заходи з метою запобігання можливим небезпекам і призначається відповідальна особа, що контролює стадію технологічного процесу та не допускає відхилення необхідних параметрів.

Визначення й оцінювання виробничих ризиків запобігатиме виникненню небезпечних ситуацій, випадкам травматизму та професійних захворювань, що забезпечить збереження здоров'я й життя робітників і благополуччя всього підприємства. Стратегія, направлена на ризик-менеджмент, дасть змогу визначити для підприємства саме ті ризики, які потенційно здатні викликати серйозні негативні наслідки.

**Ключові слова:** безпека, ризик, рішення, оперативність менеджмент.

**Постановка проблеми.** Сучасний стан інтенсивного розвитку харчової промисловості, з огляду на збільшення об'ємів виробництва та розширення асортименту продукції, призводить до появи цілого комплексу нових небезпек, суттєвого підвищення ступеня ризику травматизму та загибелі людей. Важливе значення для збереження здоров'я та працездатності працівників є запобігання виникненню таких небезпек. Створення безпечних умов праці досягається шляхом впровадження найкращих світових практик в інтегровані системи управління промисловим підприємством на основі міжнародних стандартів з менеджменту ризику.

**Мета дослідження:** провести аналіз діючих методик дослідження ризику небезпек та удосконалити метод виявлення та запобігання виробничим ризикам, що забезпечить зниження рівня виробничого травматизму.

**Матеріали і методи.** При вирішенні поставленого завдання використувалися якісний метод функціонального аналізу HAZOP (Hazard and Operability Stud) — дослідження небезпек і працездатності та методи «дерево причин», «дерево подій», «дерево відмов», «дерево небезпек» при процедурі виявлення причин аварій, травм, пожеж та інших випадків.

**Результати і обговорення.** Для збереження трудового потенціалу та уникнення зайвих втрат, пов'язаних з професійних травмами і захворюваннями, Міжнародна організація стандартизації (ISO) допомагає підприємствам виявляти небезпеки, розробивши для цього стандарти з ризик-менеджменту серії ISO, що можуть застосовуватися в організаціях усіх видів незалежно від форм власності, видів діяльності та обсягів виробництва.

У Європейському Союзі ризик-орієнтований підхід закріплено ст. 2, 3 Європейської соціальної хартії (переглянутої), а також так званою «рамковою» Директивою № 89/391/ЄЕС Ради щодо встановлення заходів із заохочення поліпшення охорони здоров'я та безпеки праці працівників.

Задля встановлення соціальної справедливості, дотримання міжнародно-визнаних прав людини і прав у сфері праці Україна ратифікувала понад 170 конвенцій, в тому числі 8 фундаментальних [1]

Для того, щоб подолати проблеми порушень у сфері охорони праці і покращити бізнес-клімат в Україні, Мінекономрозвитку розробило та затвердило Стратегію реформування системи державного нагляду (контролю). Її головна мета — перетворити систему нагляду і контролю на систему управління ризиками. Стратегія передбачає вдосконалення ризик-орієнтованого підходу, переорієнтацію інспекційної системи на запобігання порушенням та підвищення відповідальності інспекторів (затверджена розпорядженням Кабінету Міністрів України від 18 грудня 2017 року № 1020-р [2]).

Визначення та оцінювання виробничих ризиків запобігатиме виникненню небезпечних ситуацій, випадкам травматизму та професійних захворювань, що забезпечить збереження здоров'я й життя робітників і благополуччя всього підприємства. Стратегія, направлена на ризик-менеджмент, дасть змогу визначити для підприємства саме ті ризики, які потенційно здатні викликати серйозні негативні наслідки.

На сьогодні серія ISO 31000 представлена такими стандартами, рекомендаціями й технічними висновками в галузі ризик-менеджменту:

ДСТУ ISO 31000:2014 Менеджмент ризиків. Принципи та керівні вказівки. (ISO 31000:2009);

ДСТУ ISO Guide 73:2013 «Керування ризиком. Словник термінів»;

ДСТУ IEC/ISO 31010:2013 Керування ризиком. Методи загального оцінювання ризику (IEC/ISO 31010:2009, IDT);

ISO/TR 31004:2013 «Менеджмент ризиків. Руководство по внедрению ISO 31000»;

ISO 45001:2018 «Менеджмент охорони здоров'я та безпеки праці — Вимоги та настанови щодо застосування».

Найбільш вагомим є стандарт ДСТУ ІЕС/ISO 31010:2013 «Керування ризиком. Методи загального оцінювання ризику». Цей стандарт описує принципи вибору методу загального оцінювання ризиків, які можна визначати за зміною ступенів глибини і докладності, використовуючи один чи кілька методів — від найпростіших до найскладніших.

Стандарт описує 31 метод дослідження ризиків, які у загальному можна згрупувати за змістом:

1. Креативні (мозковий штурм; метод Делфи; структуроване або напівструктуроване інтерв'ю).

2. Аналіз сценаріїв (аналіз причин і наслідків; аналіз дерева відмов; аналіз дерева події; аналіз сценаріїв; дерево рішень; аналіз рівня захисту; аналіз ризику для навколишнього середовища тощо).

3. Аналіз індикаторів (чек-листи; CIRS; CBRM).

4. Функціональний аналіз (FMEA; аналіз небезпек; HAZOR; HACCP; аналіз людської надійності).

5. Статистичні методи аналізу (FN крив; аналіз Маркова; метод Монте-Карло; статистика Бейса і мережі Бейса).

Так, для харчових підприємств обов'язковою умовою діяльності є впровадження міжнародних норм з ризик-менеджменту. Зокрема, з 20 вересня 2016 року відповідно до розділу VII Закону України «Про основні принципи та вимоги до безпечності та якості харчових продуктів» — Загальні гігієнічні вимоги щодо поводження з харчовими продуктами передбачають впровадження програм-передумов системи HACCP (Hazard analysis and critical control points) — аналіз ризиків і критичні контрольні точки — стандарт гігієнічних вимог системи менеджменту харчової безпеки.

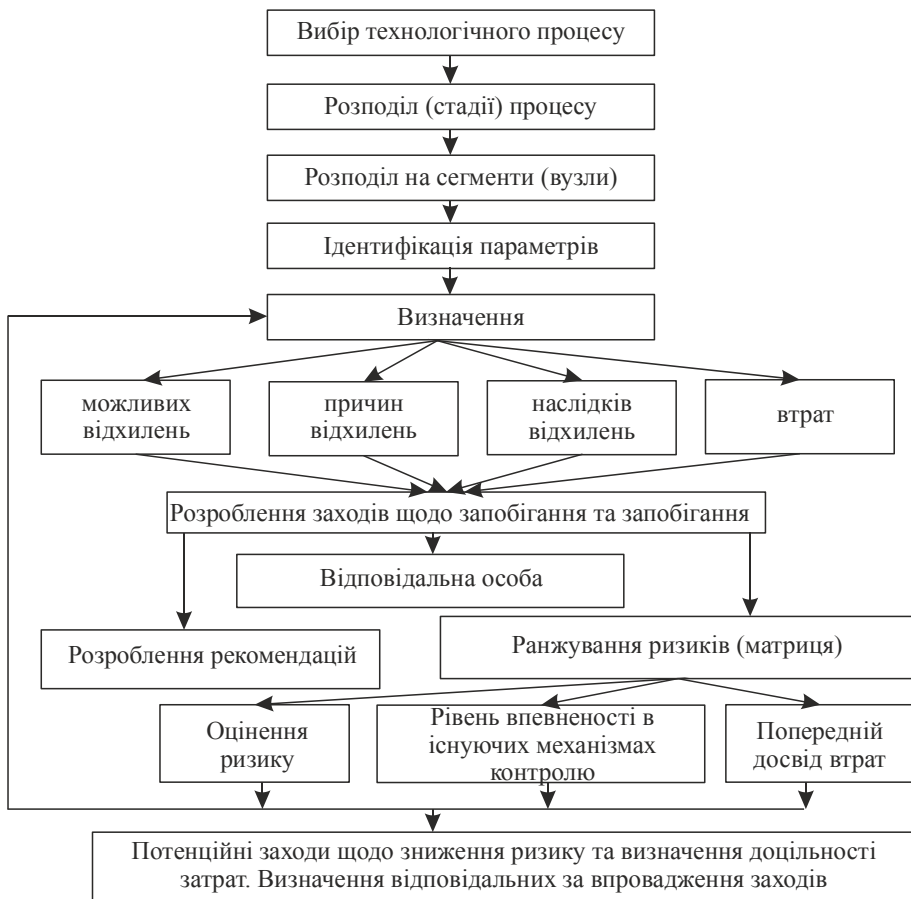
У системі визначення менеджменту якості використовується метод FMEA (Failure Mode and Effects Analysis) — аналіз видів і наслідків відмов. Це метод структурованого підходу до виявлення потенційних відмов (дефектів), які можуть існувати при створенні продукту або розробці процесу.

FMECA (Failure Mode, Effects and Criticality Analysis) — аналіз видів, наслідків та критичності відмов) розширює FMEA і включає в себе методи ранжирування тяжкості видів відмов, дозволяє встановити пріоритетність контрзаходів. Поєднання тяжкості наслідків і частоти виникнення відмов є критичністю (кожний вид відмови ранжується з урахуванням двох складових критичності-ймовірності і важкості наслідків відмови) [3—5].

Для дослідження ризику у сфері промислової безпеки та охорони праці використовують метод HAZOP (Hazard and Operability Stud) — дослідження небезпек та працездатності. Це якісний метод оцінення, метою якого є ідентифікація небезпек (відмов елементів системи), а також їх причин і наслідків. Процес оцінки проводиться шляхом умовного подрібнення дослідної системи на складові частини (підсистеми, елементи, компоненти, вузли) та їхнього подальшого аналізу з метою визначення можливого стану відхилення системи в умовах впливу тих чи інших небезпечних факторів, номенклатури таких факторів, а також ймовірності виникнення відповідних небажаних наслідків.

Аналіз експлуатаційної безпеки та працездатності (HAZOP) заснований на теорії, яка припускає, що випадки ризику є наслідком відхилення від запланованих або робочих параметрів.

На кожному підприємстві харчової промисловості, при відсутності або нестачі статистичних даних про ризики пропонується ідентифікувати та реєструвати можливі ризики. Процедуру ідентифікації та реєстру ризиків проводять за схемою (рис. 1).

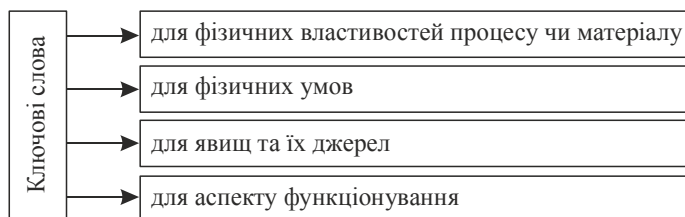


**Рис. 1. Блок-схема ідентифікації та реєстру ризиків**

Перевагами методу HAZOP є забезпечення детального та комплексного дослідження системи, що, у свою чергу, створює передумови для всебічної оцінки ризику, в тому числі дає змогу достатньо детально оцінити можливі причини та наслідки помилок системи (вплив «людського фактора»). Залучення ж до виконання процесу оцінки фахівців з досвідом практичної роботи у суміжних галузях безумовно підвищує ступінь її об'єктивності. Також перевагою методу є можливість його поетапного застосування для досить широкого спектра процесів і систем, а реєстрація проміжних результатів дає змогу

більш детально проаналізувати певні етапи досліджень у разі виникнення спірних чи небажаних результатів [6; 7].

Послідовність виконання процедури виявлення небезпек у системі HAZOP базується на першочерговому виділенні комбінацій технологічних параметрів процесу (наприклад: «тиск», «температура», «швидкість» тощо) і використанні ключових і керуючих слів («так», «ні», «занадто рано», «занадто», «більше», «менше» тощо), які дають змогу дослідити та виявити можливі зміни (відхилення) елементів системи від нормального режиму роботи. Такі ключові слова застосовують (рис. 2):



**Рис. 2. Параметри використання ключових слів**

Приклад матриці відхилень при визначенні небезпек ризику відхилення дії тиску (табл. 1).

*Таблиця 1. Матриця відхилень тиску*

| Параметр процесу | Керуюче слово |              |                  |                    |        |                        |
|------------------|---------------|--------------|------------------|--------------------|--------|------------------------|
|                  | Більше        | Менше        | Ні               | Так                | Ніяких | Інше                   |
| Тиск             | Високий тиск  | Низький тиск | Атмосферний тиск | Нормоване значення | Вакуум | Зміна інших параметрів |

Кожне керуюче слово має своє значення при визначенні відхилень. Значення керуючих слів представлено у табл. 2 [8].

*Таблиця 2. Значення керуючих слів*

| Керуюче слово     | Значення   |
|-------------------|--|
| Більше            | Кількісне збільшення показників параметра (наприклад: перевищення тиску у трубопроводі)  |
| Менше             | Кількісне зменшення показників параметра (наприклад: зниження тиску у трубопроводі)  |
| Ні                | Не виконуються цільове призначення (функція) елемента (підсистеми, компонентів, вузла). Параметр не реалізовується. (наприклад: відсутній тиск у трубопроводі) |
| Зворотне (ніяких) | Змінення параметрів на протилежне (наприклад: вакуум у трубопроводі)   |
| Інше              | Дія, що відрізняється від проектного значення; результат не відповідає меті (наприклад: відсутність речовини у трубопроводі)                                   |

У разі виявлення таких відхилень з'ясовуються причини, які їх викликали, визначаються можливі наслідки настання небезпечної події та розробляються заходи щодо усунення таких причин або (за неможливості їх усунення) мінімізації важкості наслідків.



## **Висновки**

Впровадження найкращих світових практик в інтегровані системи управління підприємств харчової промисловості на основі міжнародних стандартів з менеджменту ризику створить безпечні умови праці, знизить ризики виникнення нещасних випадків, аварій та аварійних ситуацій, скоротивши таким чином витрати підприємства, та дасть змогу працівникам відчувати, що їхні потреби щодо професійної безпеки враховуються.

Методика ідентифікації та реєстру ризиків HAZOP надає можливість визначити небезпеки як на стадії проектування процесу, системи або елемента, так і в безперервному процесі виготовлення продукції. За цією методикою легко визначити нові параметри відхилення та наслідки у разі зміни обладнання, технології чи елемента системи шляхом доповнення контрольного листа зі складанням матриці відхилень.

Поруч із позитивними сторонами методики хотілося б відмітити і негативні сторони, які виникають при розробленні таких матриць небезпек, — це занадто трудомісткий процес і надлишкова кількість сценаріїв розвитку й наслідків виникнення небезпек.

## **Література**

1. Офіційний сайт Міжнародної організації праці (МОП) [Електронний ресурс]. — Режим доступу : <http://geneva.mfa.gov.ua/ua/ukraine-io/labour>.
2. Розпорядження КМУ «Про схвалення Стратегії реформування системи державного нагляду (контролю)» [Електронний ресурс]. — Режим доступу : <http://zakon0.rada.gov.ua/laws/show/1020-2017-%D1%80>.
3. Лис Ю.С. Оцінка ризиків в системі управління охороною праці / Системи обробки інформації. — 2016. — Випуск 9(146). — С. 193—196.
4. Цьона В. Ризик-орієнтоване мислення: основи, навчання та впровадження. — Київ : Охорона праці, 2017. — № 8—10. — С. 25—32.
5. Богданова О.В. Комбінований метод оцінки ризику травматизму для промислового підприємства / О.В. Богданова // Проблеми охорони праці в Україні : зб. наук. праць. — Київ : ДУ «ННДПБООП», 2016. — Вип. 31. — С. 52—63.
6. Бочковський А.П. Теоретичні аспекти універсалізації оцінки професійного ризику в системах управління охороною праці // Вісник ЛДУ БЖД. — 2016. — № 14. — С. 134—151.
7. Paul Baybutt A critique of the Hazard and Operability (HAZOP) study// Journal of Loss Prevention in the Process Industries, Vol. 33, January 2015, Pages 52—58.
8. Лисанов М.В. Применение методов анализа опасностей HAZID и HAZOP при проектировании газотранспортного терминала / М.В. Лисанов, В.В. Симакин, А.И. Макушенко, П.И. Дворниченко, А.В. Еремеев-Райхерт // Безопасность труда в промышленности. — 2008. — № 8. — С. 63—69.

## ANAEROBIC FERMENTATION AT EXTREME REGIMES

A. Sokolenko, A. Shevchenko, O. Stepanets, I. Vinnichenko

National University of Food Technologies

---

**Key words:**

*Anaerobic fermentation  
Medium that contains  
sugar  
Ethyl alcohol  
Carbon dioxide  
Pressure  
Solubility  
Experiment*

---

**Article history:**

Received 15.07.2018  
Received in revised form  
01.08.2018  
Accepted 16.08.2018

---

**Corresponding author:**

A. Sokolenko  
**E-mail:**  
npnuht@ukr.net

---

**ABSTRACT**

The paper presents the results of phenomenological research and experimental verification of their possibilities for expansion of ranges in the concentrations of synthesized alcohol at anaerobic processes of processing of sugar media.

Theoretical generalizations are made on the basis of the material balance in the form of the Gay-Lussac equation, from which it is possible to find the material relations between the quantities of fermented sugar and synthesized alcohol and carbon dioxide. Thermodynamic relations and Henry's law allowed to create a mathematical formalization when the pressure in the gas phase allows to estimate the results of fermentation and the amount and concentration of the synthesized alcohol in the solution. Among the factors limiting the last relative equation there are osmotic pressures of solutions of  $C_2H_5OH$  and  $CO_2$ , however, carbon dioxide, with the saturation of the liquid phase with it additionally carries a physical resistance to mass transfer at the surface between the phase of the yeast cells and the liquid phase of the medium.

In order to assess the effect of the latter on the dynamics of fermentation and the final result in the accumulation of synthesized alcohol, an experimental verification was carried out, which excludes the presence of  $CO_2$  at initial conditions with a critical alcohol concentration of about 12%. The concentration of sugar in the medium was designed for the possibility of additional synthesis of alcohol in a quantity of 2% vol. Yeast culture was put to the medium on the basis of dilution of its liquid phase. Experimental verification confirmed the increase of pressure in the gas phase to the calculated level and, accordingly, the hypothesis about the negative effects of dissolved  $CO_2$ .

---

DOI: 10.24263/2225-2924-2018-24-4-17

---

## АНАЕРОБНЕ БРОДІННЯ В ЕКСТРЕМАЛЬНИХ РЕЖИМАХ

А.І. Соколенко, О.Ю. Шевченко, О.І. Степанець, І. Вінніченко

Національний університет харчових технологій

*У статті наведені результати феноменологічних досліджень і їх експериментальної перевірки щодо можливостей розширення діапазонів у концен-*

траціях синтезованого спирту за анаеробних процесів зброджування цукровмісних середовищ.

Теоретичні узагальнення здійснені на основі матеріального балансу у формі рівняння Гей-Люссака, що дає змогу знайти матеріальні співвідношення між кількостями зброженого цукру та синтезованих спирту й діоксиду вуглецю. На основі термодинамічних співвідношень і закону Генрі створено математичну формалізацію, за якою тиск у газовій фазі надає можливість оцінити результати бродіння і кількість та концентрацію синтезованого спирту в розчині. До числа факторів, що лімітують останню, відносяться осмотичні тиски розчинів  $C_2H_5OH$  і  $CO_2$ , однак діоксид вуглецю за умови насичення ним рідинної фази додатково чинить фізичний опір масопередачі на межі поділу фаз між дріжджовими клітинами і рідинною фазою середовища.

З метою оцінки впливу останнього на динаміку бродіння і кінцевий результат у накопиченнях синтезованого спирту реалізовано експериментальну перевірку, в якій виключається наявність  $CO_2$  за початкових умов з критичною концентрацією спирту близько 12%об. Концентрація цукру в середовищі була розрахована з урахуванням можливості додаткового синтезу спирту в кількості 2%об. Дріжджова культура задавалася в середовище на основі розводки його рідинної фази. Експериментальна перевірка підтвердила підвищення тиску в газовій фазі до розрахункового рівня і, відповідно, гіпотезу про негативні впливи розчиненого  $CO_2$ .

**Ключові слова:** анаеробне бродіння, цукровмісні середовища, етиловий спирт, діоксид вуглецю, тиск, розчинність, експеримент.

**Постановка проблеми.** Відомо, що процеси спиртового бродіння обмежуються накопиченням у культуральних середовищах продуктів їх життєдіяльності. Насамперед ці обмеження пов'язують з ендогенним синтезом етилового спирту [1—5] в концентраціях 8...10%об. і помітно менше існує посилення на негативні впливи розчиненого діоксиду вуглецю [6], стосовно якого граничні концентрації у більшості випадків не наводяться. Концентрації спирту на рівні 12%об. приводять до бактеріостатичних ефектів щодо дріжджових культур, а від 16% і більше досягаються летальні ефекти. У зв'язку з цим існують докритичні значення параметрів, за яких мікробіологічний синтез є можливим. До останніх відносяться температура середовищ і концентрація  $C_2H_5OH$ , проте більш повне узагальнення негативних впливів на динаміку бродіння стоується осмотичних тисків розчинів різних речовин [7].

Граничні накопичення спирту на рівні 8...10%об. відповідають природним можливостям дріжджів цукроміцетів і вказаний діапазон цілком влаштовує запити технологій зброджування пивного сусла. В технологіях виробництва шампанських вин за використання осмофільних дріжджів можливим є підвищення концентрації спирту до 12%. Однак при цьому головною вимогою є не концентрація спирту, а саме концентрація діоксиду вуглецю з показником 10 г/л. Бродіння відбувається за температури 6...10°C в подовженому часі. Останнє визначається вибором технологій і в класичній схемі термін бродіння продовжується 2—3 роки, тоді як зброджування в неперервних схемах завершується за 25...30 діб.

У технологіях виробництва пива бродіння потребує 15...28 діб. Наведені положення свідчать про те, що саме накопичення заданих концентрацій  $\text{CO}_2$  за максимально досяжної глибини утилізації цукрів обмежують швидкість зброджування, у тому числі і за рахунок обмежених температур культуральних середовищ.

Відмінності технологій бродіння спиртової галузі визначаються їх головним завданням — максимальним накопиченням спирту. Останній показник пов'язаний з продуктивністю технологічного обладнання і енерговитратами на подальший процес перегонки. У зв'язку з цим до сфери промислових і наукових інтересів відноситься завдання виходу накопичень спирту за межі 12%. Однак пошуки в напрямках створення більш перспективних рас осмофільних дріжджів-цукроміцетів поки що не привели до успіху, а половинчастим рішенням на цьому шляху може бути обмежена докритична концентрація спирту в середовищі з відповідним обмеженням осмотичного тиску цієї складової. Половинчастим таке рішення слід вважати тому, що воно може забезпечити тільки подовження часу бродіння за рахунок вилучення з середовища  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$  використанням спецтехнологій.

Феноменологічний науковий аналіз перебігу енергомасообмінних процесів зброджування цукровмісних середовищ дає змогу відмітити перелік доробок у формі висновків:

- трансформації середовищ пов'язані з перетворенням вхідних потенціалів хімічної енергії розчинів цукрів у потенціали хімічної енергії спирту й теплової енергію в класичному сприйнятті, стосовно яких визначені точні співвідношення;

- бродіння супроводжується утворенням потенціалу розчиненого  $\text{CO}_2$ , параметри якого визначаються за законом Генрі, а вихід за його рамки приводить до утворення диспергованої газової фази. Це означає появу і наявність енергетичного потенціалу новоутвореної поверхні поділу фаз та потенціальної енергії набухлого газорідинного середовища;

- силові прояви, що відповідають закону Архімеда, приводять до виникнення кінетичної енергії вертикальних циркуляційних контурів, які підсилюються конвективним перемішуванням за взаємодії середовищ з поверхнями охолодження апаратів;

- потенціал розчиненого газу за наявності гідростатичного тиску приводить до виникнення концентраційного градієнта по  $\text{CO}_2$  і до відповідного потенціалу останнього;

- потенціал стиснутої газової фази в надрідинному об'ємі впливає на показники потенціалів розчиненого  $\text{CO}_2$ , силових проявів, що стосуються закону Архімеда, і концентраційних градієнтів;

- дисипативні ефекти супроводжуються зворотною трансформацією кінетичної енергії циркуляційних контурів у теплову енергію;

- циркуляційні контури в газорідинних середовищах забезпечують наявність у них локальних зон сатурації і десатурації, відповідно, на опускних ділянках у зв'язку зі збільшенням гідростатичних тисків і зменшенням температур і на висхідних ділянках у зв'язку зі зменшенням гідростатичного тиску;

- використання детермінованих змін тисків приводить до можливості створення режимів десатурації і сатурації в повному об'ємі середовища з обмеженням часу перебігу десатурації і подовженням часу сатурації;

- обмежувальним фактором у накопиченні спирту є його осмотичний тиск як складової розчину. Стабілізація його на докритичній концентрації означає докритичні осмотичні тиски. Докритична стабілізація означає технічну можливість видаляти спирт в процесі бродиння за рахунок:

- вакуумної перегонки;

- випаром спирту газовою фазою  $\text{CO}_2$  із застосуванням циркуляційних контурів в умовах підвищення температури середовища до  $40...50\text{ }^\circ\text{C}$ ;

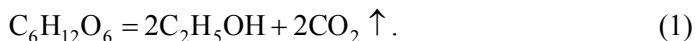
- докритична стабілізація концентрації й осмотичного тиску спирту дозволяє продовжує бродиння за межі 72 год. Це можливо за умови підвищення початкової концентрації цукру або за організації неперервного притоку розчину цукру. Обидва ці напрямки можуть застосовуватися у зв'язку з обмеженим осмотичним тиском розчину  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ . Сконденсований з газової фази випар  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$  має зраховуватися в оцінку продуктивності бродильного апарата;

- випар з газовою фазою в підсиленому режимі здійснюється за рахунок біологічної теплоти бродиння, у тому числі і трансформованої тепловим насосом. У перспективі це обмежить енерговитрати на температурну стабілізацію середовища:

- випар складається із суми пари води і спирту, співвідношення яких визначає енергетичні витрати. В результаті очікується зменшення енерговитрат на перегонку;

- теплота конденсації має бути використана.

До числа факторів впливу відносяться цукри як живильні елементи, спирт і діоксид вуглецю як продукти їх мікробіологічних трансформацій, що відповідають закону Гей-Люссака:



Очевидно, що умова (1) відповідає закону збереження речовини, а тому маса розчинених глюкози, спирту і діоксиду вуглецю на етапі неповного насичення рідинної фази на  $\text{CO}_2$  залишається стабілізованою. Разом з тим осмотичний тиск кожної із названих складових визначається залежністю:

$$\pi = \frac{mRT}{MV}, \text{ Па} \quad (2)$$

де  $m$  — маса розчиненої речовини, кг;  $R$  — універсальна газова стала, Дж/(кг·К);  $T$  — абсолютна температура середовища, К;  $M$  — молекулярна маса речовини;  $V$  — об'єм середовища,  $\text{м}^3$ .

Нагадаємо, що молекулярні маси глюкози, спирту і діоксиду вуглецю становлять, відповідно, 180, 46 та 44 одиниць. Теоретично це означає, що осмотичний тиск при трансформації кожної одиниці глюкози збільшується у 4 рази. Так було б, якби весь діоксид вуглецю залишався в розчиненому стані. Однак останнє лімітується фізичною особливістю у формі закону Генрі, за яким вміст  $\text{CO}_2$  в рідинній фазі обмежується його граничною розчинністю. Остання, як відомо, залежить від фізико-хімічних властивостей газової і

рідинної фаз і тиску в системі. Перехід через граничну розчинність означає початок утворення диспергованої газової фази і виділення її з середовища. Однак в умовах герметичного бродильного апарата матеріальний баланс за умовою (1) продовжує виконуватись і за наявності рідинної і газової фаз в його об'ємі за зміною тиску в останній можливо визначати динаміку бродіння.

Очевидно, що останнє положення стосується технологій вторинного зброджування вин в акратофорах або в герметизованих пляшках, тоді як зниження тисків у ЦКТ пивоварної галузі умову балансу порушує зі створенням в ньому потужного енергетичного імпульсу з різким зростанням диспергованої газової фази. Однак при цьому не вирішується перехід у режим ненасичення рідинної фази на  $\text{CO}_2$ . Вона продовжує залишатися насиченою і навіть пере-насиченою в певному проміжку часу у зв'язку з інерційними властивостями перехідних процесів. Проте ці особливості технологій бродіння пивного суслу не можуть вважатися негативними, оскільки середовище продовжує залишатися в заданому граничному стані насичення. Саме ця обставина є однією з причин подовження термінів бродіння спиртової галузі. Це важливий недолік, позбавитись якого можливо за рахунок швидкоплинного збільшення тиску в системі. Наведений аналіз особливостей технологій зброджування цукровмісних середовищ приводить до висновку про доцільність одержання інформації щодо впливу станів насичення їх на  $\text{CO}_2$  та перебіг процесів масообміну.

Таке положення не претендує на наукову і технічну новизну [8], оскільки за межами загальної уваги залишаються опори масопередачі між мікробіологічними клітинами і середовищем. Звертаємо увагу на те, що рідинна фаза обов'язково досягає стану насичення на  $\text{CO}_2$ . Саме це створює другий фактор впливу діоксиду вуглецю у порівнянні з його осмотичним тиском. Останнє можливо вважати гіпотезою, яка потребує експериментальної перевірки.

**Мета дослідження** пов'язана з перевіркою гіпотези щодо можливостей виведення зброджуваних середовищ за межі критичних режимів і продовження процесу бродіння в умовах концентрації етилового спирту, більших за 12%об.

**Матеріали і методи.** На основі матеріального балансу за рівнянням (1) з використанням відповідних термодинамічних залежностей визначаються взаємозв'язки між тисками в газовій фазі і концентраціями спирту в рідинній фазі. Загальний об'єм модельного бродильного апарата складав 1020 мл, об'єм рідинної фази налічував 500 мл, а газова фаза — 520 мл. Початкова концентрація спирту складала 12%, а дріжджова розводка виготовлялася на основі рідинної фази середовища. Модельний апарат устатковано манометром з можливістю герметизації. Динаміка зміни тиску  $\text{CO}_2$  відслідковувалася візуально, а його початкове значення дорівнювало нулю.

**Викладення основних результатів дослідження.** Синтез діоксиду вуглецю супроводжувався двома етапами. На першому відбувалося насичення середовища без зміни загального тиску в системі, а на другому етапі мало місце створення диспергованої газової фази, яка поступово переходила в надрідинний об'єм.

Сумарна маса  $\text{CO}_2$  на другому етапі визначається залежністю:

$$m_{\text{сум}} = m_{\text{CO}_2} + m'_{\text{CO}_2} = \frac{PV_r}{RT} + kP_n V_p, \quad (3)$$

де  $m_{\text{CO}_2}$  і  $m'_{\text{CO}_2}$  — відповідно, маси  $\text{CO}_2$  в газовій та рідинній фазах, кг;  $P$  — тиск у газовій фазі, Па;  $V_{\text{г}}$  — об'єм газової фази,  $\text{м}^3$ ;  $R$  — універсальна газова стала, Дж/(кг·К);  $T$  — абсолютна температура середовища, К;  $k$  — константа Генрі, кг/( $\text{м}^3 \cdot \text{Па}$ );  $P_{\text{п}}$  — парціальний тиск  $\text{CO}_2$ , Па;  $V_{\text{р}}$  — об'єм рідинної фази,  $\text{м}^3$ .

Константа Генрі відображує фізико-хімічні параметри рідинної і газової фаз і входить у рівняння, що відповідає закону Генрі:

$$c_{\text{н}} = kP_{\text{п}}, \quad (4)$$

де  $c_{\text{н}}$  — насичення рідинної фази на  $\text{CO}_2$ , що відповідає парціальному тиску  $P_{\text{п}}$ , кг/ $\text{м}^3$ .

За нехтування впливом гідростатичного тиску і з урахуванням однорідності газової фази приймаємо  $P = P_{\text{п}}$ . Тоді:

$$m_{\text{сум}} = P \left( \frac{V_{\text{г}}}{RT} + kV_{\text{р}} \right), \quad (5)$$

або звідси випливає, що саме значення тиску в газовій фазі відображує зміни маси синтезованого  $\text{CO}_2$  у формі:

$$P = \frac{m_{\text{сум}}}{\frac{V_{\text{г}}}{RT} + kV_{\text{р}}}. \quad (6)$$

За наявності даних щодо тиску виконується перерахунок на масу синтезованого спирту:

$$m_{\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}} = m_{\text{сум}} \frac{M_{\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}}}{M_{\text{CO}_2}}, \quad (7)$$

де  $M_{\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}}$  і  $M_{\text{CO}_2}$  — відповідно, молекулярні маси спирту і діоксиду вуглецю.

Оскільки метою дослідження було додаткове накопичення 2%об. етилового спирту в кількості 10 мл (8 г), то кількість доданого цукру становила:

$$m_{\text{цук}} = m_{\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}} \frac{180}{2 \cdot 46} = 15,7 \text{ г}. \quad (8)$$

На основі формул (5) і (7) записуємо:

$$m_{\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}} = P \left( \frac{V_{\text{г}}}{RT} + kV_{\text{р}} \right) \frac{M_{\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}}}{M_{\text{CO}_2}}. \quad (9)$$

Результати теоретичних розрахунків з визначенням концентрації спирту в рідинній фазі узагальнені графічною залежністю на рисунку для випадків з  $V_{\text{г}} = 0,5$  і  $0,1$  л. Аналітична інтерпретація залежностей  $c_{\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}} = c_{\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}}(P)$  має форму для випадку з  $V_{\text{г}} = 0,5$  л:

$$c_{\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}} = 2,883P + 12,8, \text{ \%об.}$$

і для випадку з  $V_r = 0,1$  л:

$$c_{C_2H_5OH} = 1,7875P + 12,47, \text{ \%об.}$$

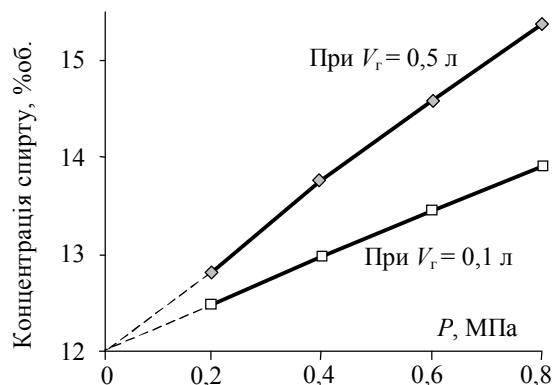


Рис. Графік залежності між концентрацією спирту в середовищі і тиском у газовій фазі

Графічні й аналітичні залежності вказують на суттєвий вплив об'єму газової фази як частки загального об'єму, збільшення якого обмежує в ній тиски за інших рівних умов.

Вибір співвідношень об'ємів газової і рідинної фаз не був спрямований на геометричне моделювання промислових апаратів, а стосувався можливості перевірки запропонованої математичної формалізації. Окрім того, порівняння двох випадків приводить до логічного висновку: обмеження об'єму газової фази супроводжується зростанням тиску в системі.

У досліді за вказаних умов максимальний тиск газової фази склав 0,42 МПа, що відповідає концентрації спирту в рідинній фазі  $c_{C_2H_5OH} = 14,01\%$ об. Зіставлення даних з випадком, коли  $V_r = 0,1$  л показує значно швидше наростання тиску в системі, у тому числі і за абсолютними значеннями. Це означає одночасно збільшення осмотичного тиску в середовищі за складовою  $CO_2$  і зростання опору масопередачі в умовах його ендогенного синтезу. Останній висновок трансформується в рекомендацію щодо доцільності обмеження тисків у газових фазах бродильних апаратів. Граничне значення такого обмеження скоріше за все стосується атмосферного тиску, однак у промисловому апараті до нього додається гідростатичний тиск.

Очевидно, що такі рекомендації не можуть стосуватися організації процесів бродіння пивного суслу і вторинного бродіння у виробництві шампанських вин, в яких відповідні накопичення і концентрації  $CO_2$  досягаються саме за рахунок відповідних тисків. Однак при цьому подовжені терміни процесів зброджування середовищ є їх реакцією на зростаючу концентрацію розчиненого діоксиду вуглецю поруч з іншими факторами впливу.

Процеси спиртового анаеробного бродіння зорієнтовані на інший результат, який формулюється як максимальне накопичення  $C_2H_5OH$  без практич-



ного інтересу щодо CO<sub>2</sub>. Оскільки ці дві складові нероздільні в ендогенному синтезі, то наявність CO<sub>2</sub> в середовищі неминуча, хоча вона й обмежується відповідно до закону Генрі.

### **Висновки**

Ендогенні процеси анаеробного зброджування цукровмісних середовищ завершуються досягненням критичних станів за показниками концентрацій спирту і діоксиду вуглецю на помітно різних рівнях. Негативні прояви впливів C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH пов'язані з його осмотичними тисками в середовищах за концентрацій 8...10%об., тоді як впливи діоксиду вуглецю, що насичує рідинну фазу в режимі самогенерування, мають подвійну природу. По-перше, це стосується фізичного явища розчинності CO<sub>2</sub> і, по-друге, — осмотичного тиску.

Прояви сукупності вказаних факторів у технологічних процесах мають паралельний характер і виключення двох з них за рахунок початкових умов дали змогу розширити діапазон докритичного режиму бродіння з підвищенням концентрації спирту до 14%об. Збільшення об'єму надрідинної газової фази обмежує за інших рівних умов загальний тиск у системі, розчинність CO<sub>2</sub> і його складову осмотичного тиску.

Необхідність підвищення концентрації CO<sub>2</sub> до 5...6 г/л у збродженому пиві і до 10 г/л у вторинному бродінні у виробництві шампанського обмежують динаміку бродіння з подовженням їх термінів до 15...30 діб.

Десатурація зброджуваних середовищ спиртової промисловості повинна оцінюватися перспективним напрямком удосконалення цієї частини технології.

### **Література**

1. Технологія спирту. Маринченко В.О. та ін. / Під ред. проф. В.О. Маринченка. Вінниця : «Поділля-2000», 2003. — 496 с.
2. Інтенсифікація процесів анаеробного бродіння та утилізація біологічної теплоти / Соколенко А.І. та ін. // Наукові праці Національного університету харчових технологій. 2018. — Т. 24, № 3. — С. 141—151.
3. Особливості трансформацій матеріальних і енергетичних потоків у бродильних середовищах / Шевченко О.Ю. та ін. // Наукові праці Національного університету харчових технологій. 2017. — Т. 23, № 3. — С. 107—115.
4. Енергоматеріальні трансформації в бродильних технологіях / Шевченко О.Ю. та ін. // Наукові праці Національного університету харчових технологій. 2017. — Т. 23, № 4. — С. 89—98.
5. Динаміка перехідних процесів у системах анаеробного бродіння / Шевченко О.Ю. // Наукові праці Національного університету харчових технологій. 2017. — Т. 23, № 6. — С. 68—76.
6. Шиян П.Л. Інноваційні технології спиртової промисловості. Теорія і практика: монографія / П.Л. Шиян, В.В. Сосницький, С.Т. Олійничук. Київ : ВД Асканія, 2009. — 424 с.
7. Динамічні параметри процесів анаеробного бродіння / Соколенко А.І. та ін. // Наукові праці Національного університету харчових технологій. — 2018. — Т. 24, № 2. — С. 131—138.
8. Кунце В. Технология солода и пива. Санкт-Петербург : Профессия, 2001. — 912 с.

## **SELECTION OF THE TECHNOLOGY OF DESULFURIZATION OF FLUE GASES FOR UKRAINIAN COAL-BURNING THERMAL POWER PLANTS**

**I. Volchyn, L. Haponych, I. Zhoran**

*National University of Food Technologies*

---

**Key words:**

*Power industry  
Ecology  
Thermal power plant  
Flue gases  
Contaminants  
Sulfur  
Technology  
Cleaning  
Desulfurization*

---

**Article history:**

Received 04.07.2018  
Received in revised form  
24.07.2018  
Accepted 15.08.2018

---

**Corresponding author:**

I. Volchyn  
**E-mail:**  
npnuht@ukr.net

---

**ABSTRACT**

The concentration of sulfur dioxide in flue gases of thermal power plants after January 1, 2018 must be no higher than 200 mg/nm<sup>3</sup> for existing plants and 150 mg/nm<sup>3</sup> for those being constructed, as follows from Directive 2010/75/EU and order of Ministry of Ecology and Natural Resources of Ukraine No. 62 from February 16, 2018. Nowadays, the level of SO<sub>2</sub> emission at Ukrainian thermal power plants (TPP) exceeds these ultimate values by 6—18 times. This fact requires to introduce new, efficient technologies of gas cleaning. The selection of specific technologies of gas cleaning must be based on the principles of technological, economical and ecological expediency. These technologies must correspond to the criterion of “best available technologies”.

The aim of this work was to determine the necessary degree of sulfur refinement of flue gases and select the priority method of sulfur refinement for its introduction at Ukrainian plants.

To realize this aim, we analyzed the present methods and technologies of cleaning flue gases from SO<sub>2</sub> as well as calculated and generalized gross and specific emission of sulfur dioxide in flue gases of TPP during 2013—2016. We established that the specific concentration of sulfur dioxide in dry flue gases at Ukrainian coal-burning TPP in 2013—2016 was 2500—7200 mg/nm<sup>3</sup> depending on fuel grade, its sulfur content, and method of slag removal, and the gross emission of sulfur dioxide attains 106 t. We showed that the level of specific concentrations of sulfur dioxide in flue gases at Ukrainian coal-burning TPP requires to provide the level of cleaning no lower than 92—98%. As the promising technology for introduction at Ukrainian coal-burning TPP, we should select the technology of wet lime desulfurization, despite high investment up to 200 €/kW.

## ВИБІР ТЕХНОЛОГІЇ ДЕСУЛЬФУРИЗАЦІЇ ДИМОВИХ ГАЗІВ ДЛЯ УКРАЇНСЬКИХ ВУГІЛЬНИХ ТЕПЛОВИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ

І.А. Вольчин, Л.С. Гапонич, І.П. Згоран  
Національний університет харчових технологій

Концентрація діоксиду сірки в димових газах спалювальних установок після 01.01.2018 повинна не перевищувати  $200 \text{ мг/м}_n^3$ , а для нових установок —  $150 \text{ мг/м}_n^3$ , як того вимагають Директива 2010/75/EU та наказ Мінприроди України № 62 від 16.02.2018. Сьогодні рівень викидів  $\text{SO}_2$  на ТЕС України перевищує ці граничні значення в 6—18 разів. Це потребує впровадження сучасних ефективних технологій газоочищення. Вибір конкретних технологій газоочищення повинен базуватися на принципах технологічної, економічної та екологічної доцільності. Ці технології повинні відповідати європейському критерію «Найкращі доступні технології».

З огляду на вищевикладене у статті визначено необхідний ступінь сіркоочищення димових газів та пріоритетний метод сіркоочищення для впровадження на ТЕС України. Для цього було виконано аналіз сучасних методів і технологій очищення димових газів від  $\text{SO}_2$ , розрахунок і узагальнення валових та питомих викидів діоксиду сірки у димових газах ТЕС у 2013—2016 рр. Встановлено, що значення питомих концентрацій діоксиду сірки в сухих димових газах на ТЕС України у 2013—2016 рр. залежно від марки палива, його сірчистості та способу шлаковидалення в котлі були в діапазоні  $2500$ — $7200 \text{ мг/м}_n^3$ , а об'єм валових викидів діоксиду сірки на ТЕС України досягає 1000 тис. тонн. Показано, що рівень питомих концентрацій діоксиду сірки в димових газах українських вугільних ТЕС вимагає рівня ефективності очистки вище 92—98%. Перспективною технологією для впровадження на ТЕС України є технологія мокрої вапнякової десульфуризації з примусовим окисленням, незважаючи на високі капітальні затрати, — до 200 €/кВт.

**Ключові слова:** енергетика, екологія, теплова електростанція, димові гази, шкідливі речовини, сірка, технологія, очистка, десульфуризація.

**Постановка проблеми.** Енергетика є однією з головних складових економіки країни. Інтенсифікація розвитку вимагає подальшого збільшення виробництва електроенергії, що призводить до надмірного екологічного навантаження на природу. Особливо це стосується теплових електростанцій (ТЕС), на яких щороку спалюються мільйони тонн палива, при цьому утворюються великі обсяги шкідливих викидів золи, оксидів сірки та азоту.

Україна є активним учасником міжнародного кліматичного процесу [1—3]. Національну екологічну політику країни спрямовано на забезпечення імплементації положень екологічного законодавства країн ЄС за напрямками обмеження шкідливих викидів і запобігання глобальній зміні клімату [4]. Україна як повноправний член Енергетичного співтовариства повинна забезпечити з 01.01.2018 дотримання вихідної концентрації діоксиду сірки в ди-

мових газах від існуючих вугільних ТЕС та ТЕЦ не вище  $200 \text{ мг/м}_n^3$ , а для нових енергоблоків —  $150 \text{ мг/м}_n^3$ , як цього вимагають Директива 2010/75/EU та наказ Мінприроди України № 62 від 16.02.2018 [5; 6] шляхом впровадження найкращих доступних технологій: бути екологічно ефективними, економічно доступними і пройти промислову перевірку [7].

Сьогодні рівень викидів  $\text{SO}_2$  на ТЕС України суттєво перевищує ці граничні значення [8]. Кардинального покращання екологічного стану в теплоенергетиці України можна досягти шляхом заміни практично всіх вугільних енергоблоків на сучасні з високими технологічними й екологічними показниками, але на це потрібні величезні кошти, оскільки повинна надійно функціонувати Об'єднана енергетична система України, яка в перспективі має увійти до Енергетичної системи Європи [8].

**Метою статті:** визначення необхідного ступеня сіркоочищення димових газів і вибір пріоритетного методу сіркоочищення для впровадження на ТЕС України.

**Викладення основних результатів дослідження.** Існуючий парк газоочисного устаткування на ТЕС України представлений лише пиловловлювачами — сухими електрофільтрами та мокрими золовловлювачами, які вводилися в експлуатацію одночасно з основним устаткуванням енергоблоків. Їхні проектні показники ефективності відповідають екологічним вимогам 40—60-річної давності, а тривалий час експлуатації призвів до значного падіння ефективності, вони і фізично, і морально застаріли [8—11]. На жодній ТЕС не споруджено установки очищення димових газів від діоксиду сірки. Крім того, українські вугільні ТЕС переважно оснащені котлами з рідким шлаковидаленням (РШВ), ефективність внутрішньопаливневого зв'язування сірки в яких становить 5,0%.

Тільки на енергоблоці ст. № 4 Старобешівської ТЕС з котлом циркулюючого киплячого шару було досягнуто європейських екологічних показників: викиди  $\text{NO}_x$ ,  $\text{SO}_x < 200 \text{ мг/м}_n^3$ , втрати теплоти через механічний недопал вуглецю  $q_4 < 4\%$ , витрати умовного палива —  $345 \text{ г/кВтг}$  відпущеної електроенергії [8; 9]. Завдяки низькій робочій температурі горіння і подачі в паливо разом з вугіллям вапняку досягаються низькі викиди оксидів азоту й сірки, а легка зола та тверді продукти десульфуризації ефективно вловлюються в сучасному електрофільтрі.

Системи сіркоочищення димових газів від сірки були представлені в Україні дослідно-промисловими установками сухої десульфуризації, спорудженими на енергоблоці ст. № 1 Зуївської ТЕС і енергоблоці ст. № 7 Курахівської ТЕС з ефективністю близько 60% при використанні вапна й близько 30% при використанні вапняку. Крім того, часткове видалення  $\text{SO}_2$  з димових газів має місце в мокрих золовловлювачах. На сьогодні в мокрих золовловлювачах уловлюється від 7 до 10% діоксиду сірки завдяки лужноземельним складовим золи.

На часі проведення докорінної реконструкції або заміни більшості генеруючих потужностей пиловугільних енергоблоків ТЕС України [8; 9]. Ці заходи обов'язково повинні включати встановлення установок десульфу-

ризації димових газів (ДДГ). На сьогодні проведено реконструкцію близько 20% вугільних енергоблоків ТЕС, але при її проведенні невирішені питання приведення екологічних характеристик до сучасних вимог. Решта блоків підтримується в працездатному стані за рахунок капітальних і поточних ремонтів, але їх зношеність постійно зростає і сягає загрозової межі з точки зору можливості їх подальшої експлуатації без проведення реконструкції. В планах реконструкції на 2019 р. передбачено реалізацію всього одного пілотного проекту з будівництва сіркоочисної установки на енергоблоці ст. № 2 Трипільської ТЕС. Планується використання технології напівсухої сіркоочистки ЦКШ Rafako [8].

Вибір конкретних технологій газоочищення повинен базуватися на принципах технологічної, економічної та екологічної доцільності. Тобто ці технології повинні відповідати критерію «Найкращі доступні технології»: бути екологічно ефективними, економічно доступними і пройти промислову перевірку. Для зменшення негативного впливу на довкілля на ТЕС світу вже більше 60 років розробляють і експлуатують установки очищення димових газів [8]. Пріоритетними для теплоенергетики України мають бути технології сіркоочищення, що пройшли промислову перевірку на енергоблоках розвинутих країн світу.

Димові гази є продуктом високотемпературної взаємодії складових палива з киснем повітря, тобто продуктом горіння. Основними складовими димових газів є вуглекислий газ  $\text{CO}_2$ , водяна пара  $\text{H}_2\text{O}$ , діоксид сірки  $\text{SO}_2$  та молекулярний азот  $\text{N}_2$ . Сірка у вигляді різних сполук у більших або менших кількостях входить до складу всіх твердих горючих копалин. Більша частина вугільних пластів Донбасу містить середньосірчисте ( $S_t^d$  — 1,6—2,5%) та сірчисте вугілля ( $S_t^d$  — 2,6—4,0) [10; 11]. Мінеральні сірчані сполуки включають піритну  $\text{FeS}_2$  та сульфатну сірку. Інколи у вугільних шарах зустрічається елементарна сірка. Крім того, сірка входить до складу органічних компонентів вугілля. Діоксид сірки є основним продуктом окислення сірки органічної та сірки піритної, які є складовими вугілля.

Вугілля, що постачається на ТЕС України в останні роки, характеризується приведеним вмістом сірки в діапазоні 0,6—1,3 г/МДж. Для порівняння, середній приведений вміст сірки в американському напівбітумінозному вугіллі басейну річки Паупер складає 0,26 г/МДж, а в родовищі Північні Аппалачі — 2,39 г/МДж [12]. Згідно з американськими екологічними законами при вмісті сірки у вугіллі менше 0,30 г/МДж енергетичний котел можна експлуатувати без сіркоочистки. Тобто заміщення високосірчистого вугілля на малосірчисте дає можливість відмовитись від спорудження дорогого обладнання ДДГ.

Для запобігання шкідливому впливу діоксиду сірки на довкілля в світі розроблено багато промислових технологій ДДГ на ТЕС, які можна віднести до категорії найкращих доступних технологій. Найбільший інтерес представляють ті технології ДДГ, що здатні забезпечити ефективно зв'язування діоксиду сірки вище 96% [6; 7]. Умовно технології ДДГ можна поділити на мокрі, сухі та напівсухі [8; 14—16].

Ефективність технологій сіркоочищення визначається фізико-хімічними особливостями відбування процесу, тривалістю перебування в реакційній зоні та площею поверхні контакту газоподібної й дисперсної фаз. Тому для збільшення площі реагування дуже часто використовують рециркуляцію дисперсної фази.

Найбільш поширеною технологією ДДГ є мокре сіркоочищення з використанням сорбентів із лужними властивостями — вапняку, вапна, сполук натрію, аміачної води, морської води тощо [8; 13; 14]. Хімічне зв'язування діоксиду сірки відбувається в спеціальному абсорбері — мокрому скрубєрі. Такі технології наявні на близько 80% потужностей сіркоочисних установок на ТЕС і відповідають сучасним європейським екологічним вимогам.

Перевагою всіх методів мокрого сіркоочищення є високий ступінь очистки — більше 95% та висока надійність роботи устаткування. Істотним недоліком є підвищений теплообмін між нагрітими відхідним газами та промивною рідиною. При цьому частина вологи розчину випарюється, а гази насичуються водяною парою та охолоджуються до температури нижче точки роси (близько 50°C), що може призвести до конденсації водяної пари у димососі та димовій трубі. Тому перед викиданням димові гази мають підігріватися або в спеціальному підігрівнику, який використовує теплоту відхідних газів (до сіркоочистки), або викидатися в атмосферне повітря через градирню чи «мокру» димову трубу. Для більшості цих методів потрібне громізде обладнання та високе споживання енергії на власні потреби.

На сьогодні близько 90% з усіх мокрих установок ДДГ на ТЕС у всьому світі працює за мокрим вапняковим/вапняним методом. Є дуже багато його різновидів і варіацій, які полягають у різному технічному виконанні окремих елементів установки.

Проміжною ланкою між мокрими та сухими методами є напівсухі методи, коли реакція зв'язування діоксиду сірки відбувається як у рідкій фазі на краплях вологи, що вводиться у потік димових газів (причому кількість введеної рідини значно менша кількості промивної рідини для мокрих скрубєрів), так і на поверхні частинок сорбенту або продукту [8; 14—17]. Вона визначається умовою для випарювання усієї вологи крапель за рахунок теплоти димових газів, але при цьому температура газів не повинна опуститися нижче за водяну точку роси. Сухий порошок, що залишився після випару вологи, має осаджуватися в золовловлювачах. Досвід промислового застосування напівсухих технологій ДДГ показав, що вони є найбільш придатними при спалюванні вугілля з малою сірчистістю на котлоагрегатах відносно невеликої потужності. Тоді висока вартість сорбенту та підвищена запиленість вихідного потоку димових газів перед золовловлювачем компенсуються низькими капітальними затратами та затратами на власні потреби. Недоліком є низка практична цінність утвореного сухого субпродукту.

Високої ефективності сірковловлення (до 98%) можна досягти при використанні напівсухої аміачної десульфуризації, коли продуктом буде сухий пилоподібний сульфат амонію  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ , який можна використовувати як мінеральне добриво. Зважаючи на малий розмір частинок сульфату амонію, вихідним пиловловлювачем має бути рукавний фільтр [8].

Сухі методи ДДГ димових газів дають змогу досягти високої ефективності сіркоочистки — 98%. Вони засновані на процесах адсорбції, тобто поглинання газів на поверхні твердих тіл [8; 13; 14]. Як сорбенти, зазвичай, застосовують речовини, що мають пористу структуру й велику питому поверхню. Для поглинання діоксиду сірки застосовують оксиди й карбонати лужноземельних і лужних металів, а також активоване вугілля й різноманітні види коксів і напівкоксів.

Сухі методи допускають реакцію між діоксидом сірки й поглиначем при високих температурах (540—1000°C), тобто введення поглинача в газовий потік може здійснюватися безпосередньо в паливну камеру або на самому початку конвективної шахти. При цьому продукти очищення змішуються з легкою золою і йдуть у відвал або використовуються як низькосортний будівельний матеріал.

Високу ефективність сіркоочищення та використання сорбенту показали реактори циркулюючого киплячого шару (ЦКШ) [8]. Багаторазове використання частинок сорбенту з частковим заповненням їх поверхні шаром субпродукту та звільненням від нього під час підготовки до подачі дає змогу у багато разів збільшити поверхню контакту фаз, таким чином зростає і швидкість реакції. Циркуляція сорбенту відбувається по колу: реактор ЦКШ — золоуловлювач — реактор ЦКШ. Сорбент вводиться у нижню частину абсорбера ЦКШ через систему сопел, туди ж надходять і забруднені димові гази через сопла Вентурі. Тривалість перебування димових газів в абсорбері ЦКШ становить близько 8 с. Після завершення процесу десульфуризації з верхньої частини абсорбера димові гази та тверді субпродукти надходять до золоуловлювача (циклону, тканинного фільтру чи електрофільтру), де відбувається сепарація газової та твердої фаз. Більша частина уловлених твердих продуктів повертаються у процес через систему підготовки сорбенту, менша — частково направляється на утилізацію. Волога до абсорбера вводиться у вигляді крапель суспензії сорбенту або технічної води, які за час перебування в абсорбері ЦКШ мають висохнути, а вихідна температура димових газів повинна перевищувати температуру точки роси на 15—20°C при забезпеченні відносної вологості димових газів близько вище 40%.

Для вибору технології сіркоочищення з метою дотримання поточних технологічних нормативів допустимих викидів SO<sub>2</sub> та для вибору джерел постачання на вугільні ТЕС палива, яке відповідало б вимогам поточних технологічних нормативів допустимих викидів діоксиду сірки, необхідно мати інформацію з питомих і валових викидів діоксиду сірки на ТЕС. Тому становить інтерес питання оцінки вихідної концентрації SO<sub>2</sub> у сухих відпрацьованих газах на основі характеристик вугілля.

Концентрацію діоксиду сірки при відомому елементному складі вугілля можна розрахувати за стандартною методикою [18; 19]. Але в реальних умовах партії вугілля, що постачаються на ТЕС, супроводжуються технічним аналізом. Дані технічного аналізу не дають змогу проводити розрахунки за стандартною методикою [18; 19], тому для розрахунків питомих об'ємів димових газів та концентрації в них SO<sub>2</sub>, що утворюються при спалюванні вугілля, використовувався метод, розроблений в ІВЕ НАН України [20].

В останні роки частка вугілля в паливному балансі ТЕС становить 98%, частка природного газу та мазуту, відповідно, 2% [10; 11]. При спалюванні природного газу та мазуту утворюється 1,5—2% від загального об'єму димових газів на ТЕС. Мазут, що постачається на ТЕС України, характеризується високим вмістом сірки, тому при його спалюванні на ТЕС концентрація діоксиду сірки в димових газах досягає 3500 мг/м<sup>3</sup>.

Для визначення точних значень питомих і валових викидів діоксиду сірки на ТЕС в розрахунках необхідно враховувати об'єми димових газів і SO<sub>2</sub>, що утворюються при спалюванні вугілля, природного газу і мазуту:

$$V_{DFG} = V_{DFG}^{\text{вугілля}} + V_{DFG}^{\text{пр.газ}} + V_{DFG}^{\text{мазут}}; \quad (1)$$

$$E_{\text{SO}_2} = E_{\text{SO}_2}^{\text{вугілля}} + E_{\text{SO}_2}^{\text{мазут}}, \quad (2)$$

де  $V_{DFG}$  — валовий викид сухих димових газів, що утворюється при спалюванні палива на ТЕС за рік, млрд м<sup>3</sup>;  $V_{DFG}^{\text{вугілля}}$  — валовий викид сухих димових газів, що утворюється при спалюванні вугілля на ТЕС за рік, млрд м<sup>3</sup>;  $V_{DFG}^{\text{пр.газ}}$  — валовий викид сухих димових газів, що утворюється при спалюванні природного газу на ТЕС за рік, млрд м<sup>3</sup>;  $V_{DFG}^{\text{мазут}}$  — валовий викид сухих димових газів, що утворюється при спалюванні мазуту на ТЕС за рік, млрд м<sup>3</sup>;  $E_{\text{SO}_2}$  — валовий викид SO<sub>2</sub>, що утворюється при спалюванні палива на ТЕС за рік, тис. т;  $E_{\text{SO}_2}^{\text{вугілля}}$  — валовий викид SO<sub>2</sub>, що утворюється при спалюванні вугілля на ТЕС за рік, тис. т;  $E_{\text{SO}_2}^{\text{мазут}}$  — валовий викид SO<sub>2</sub>, що утворюється при спалюванні мазуту на ТЕС за рік, тис. т.

Для розрахунку питомого об'єму сухих димових газів  $V_{DFG}$ , мн<sup>3</sup>/кг або мн<sup>3</sup>/мн<sup>3</sup>, що утворюються при повному згорянні вугілля, природного газу і мазуту було використано формулу [18]:

$$V_{DFG} = K \cdot Q_i^r, \quad (3)$$

де  $Q_i^r$  — нижча робоча теплота згоряння палива, МДж/кг або МДж/мн<sup>3</sup>;  $K$  — коефіцієнт, що враховує характер палива: для вугілля  $K$  вибирається з [20] залежно від марки, для природного газу  $K = 0,345$  мн<sup>3</sup>/МДж, для мазуту  $K = 0,355$  кг/МДж [18].

Питомий об'єм сухих димових газів з урахуванням наявності механічного недопалу визначався за формулою [20]:

$$V_{DFG}(q_4) = V_{DFG}(1 - q_4/100). \quad (4)$$

Валовий викид SO<sub>2</sub>, що утворюється при спалюванні вугілля на ТЕС за рік, визначали за формулою:

$$E_{\text{SO}_2}^{\text{вугілля}} = c_{\text{SO}_2}^{\text{вугілля}} \cdot V_{DFG}^{\text{вугілля}}, \quad (5)$$

де  $c_{\text{SO}_2}^{\text{вугілля}}$  — концентрації діоксиду сірки в сухих димових газах, що утворюються при спалюванні вугілля на ТЕС, мг/мн<sup>3</sup>.



Концентрації діоксиду сірки в сухих димових газах, що утворюються при спалюванні вугілля,  $c_{\text{SO}_2}^{\text{вугілля}}$ , мг/м<sup>3</sup>, визначали з [20] залежно від марки вугілля й типу шлаковидалення на ТЕС. Для урахування наявності механічного недопалу ( $q_4 > 0$ ) використовували формулу:

$$c_{\text{SO}_2}(q_4) = c_{\text{SO}_2} / (1 - q_4 / 100). \quad (6)$$

Розрахункові методи визначення викиду забруднювальної речовини базуються на використанні показника емісії [19]. Формула для розрахунку валових викидів SO<sub>2</sub>, що утворюється при спалюванні мазуту на ТЕС за рік:

$$E_{\text{SO}_2}^{\text{мазут}} = 10^{-6} k_{\text{SO}_2}^{\text{мазут}} Q_i^r B^{\text{мазут}} \cdot 10^{-3}, \quad (7)$$

де  $k_{\text{SO}_2}^{\text{мазут}}$  — показник емісії SO<sub>2</sub> при спалюванні мазуту, г/ГДж;  $B^{\text{мазут}}$  — витрата мазуту за рік, т;  $Q_i^r$  — нижча робоча теплота згоряння мазуту, МДж/кг.

Показник емісії SO<sub>2</sub> при спалюванні мазуту  $k_{\text{SO}_2}^{\text{мазут}}$  розраховується за формулою:

$$k_{\text{SO}_2}^{\text{мазут}} = \frac{10^6}{Q_i^r} \frac{2S^r}{100} (1 - \eta_I)(1 - \eta_{II}\beta), \quad (7)$$

де  $S^r$  — вміст сірки в мазуті на робочу масу, %;  $\eta_I$  — ефективність зв'язування сірки золою або сорбентом у енергетичній установці;  $\eta_{II}$  — ефективність очистки димових газів від оксидів сірки;  $\beta$  — коефіцієнт роботи сіркоочисної установки.

Ефективність зв'язування оксидів сірки золою або сорбентом в енергетичній установці  $\eta_I$  залежить від типу шлаковидалення і для котлів з РШВ становить 0,05, а для котлів з твердим шлаковидаленням (ТШВ) — 0,1 [20]. Установки ДДГ відсутні на всіх ТЕС України, тому  $\eta_{II} = 0$  та  $\beta = 0$ .

Концентрацію діоксиду сірки в сухих димових газах, що утворюються при спалюванні палива на ТЕС,  $c_{\text{SO}_2}$ , мг/м<sup>3</sup>, визначали за формулою:

$$c_{\text{SO}_2} = \frac{E_{\text{SO}_2}}{V_{\text{DFG}}}. \quad (8)$$

За цим методом виконано розрахунки питомих і валових викидів сухих димових газів на всіх вугільних ТЕС України та концентрації в них SO<sub>2</sub> у 2016 році. Для розрахунків використовувалася інформація з відпущеної ТЕС електроенергії, якості та витрати вугілля, природного газу та мазуту, що постачалося на ТЕС,  $q_4$  з офіційних звітів ТЕС. Отримані результати розрахунків узагальнено окремо для ТЕС, що спалюють низькорекційне вугілля (марки А та П), та для ТЕС, що спалюють високореакційне вугілля (марки Г та ДГ). Значення питомих і валових викидів димових газів, що утворюються при спалюванні вугілля, та концентрації в них SO<sub>2</sub> на ТЕС України у 2013—

## ТЕПЛО- І ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ

2015 рр. взято з [10; 11]. Результати розрахунків та їх узагальнення наведено в табл. 1—5.

Значення питомих концентрацій діоксиду сірки в сухих димових газах на ТЕС України у 2013—2016 рр. залежно від марки палива, його сірчистості (поставок) та способу шлаковидалення в котлі були в діапазоні 2500—7200 мг/м<sup>3</sup>. Аналіз результатів показує, що в останні роки об'єм валових викидів діоксиду сірки на ТЕС України досягав 1000 тис. тонн. Зменшення валового викиду SO<sub>2</sub> на ТЕС у 2015 р. до 800 тис. т пов'язано зі зменшення виробництва електроенергії більше ніж на 20,0% порівняно з 2014 р., і на 30%, порівняно з 2013 роком. Треба зазначити, що за Національним планом скорочення викидів (НПСВ) передбачається зменшення викидів SO<sub>2</sub> на ТЕС України до 51 тис. т у 2028 р. [7].

**Таблиця 1. Інформація про якість та витрати палива, q<sub>4</sub>, результати розрахунків питомих і валових викидів димових газів та діоксиду сірки на вугільних ТЕС України у 2013 році**

| ТЕС                            | Марка палива        | Тип ПШВ* | q <sub>4</sub> , % | Для вугілля             |                    |                    |                              |  |   |  |  | Для мазуту              |                    |                             |   |   | Для газу                            |  |  | Загальний викид E <sub>SO<sub>2</sub></sub> , тис. т |
|--------------------------------|---------------------|----------|--------------------|-------------------------|--------------------|--------------------|------------------------------|--|---|--|--|-------------------------|--------------------|-----------------------------|---|---|-------------------------------------|--|--|--|
|                                |                     |          |                    | Q <sub>r</sub> , МДж/кг | A <sup>d</sup> , % | S <sup>d</sup> , % | V <sub>вугілля</sub> , млн т | V <sub>ДКС</sub> <sup>фв</sup> , Мт/кг | CSO <sub>2</sub> вуг., МГ/Мт <sup>3</sup> | V <sub>ДКС</sub> <sup>фв</sup> , млрд м <sup>3</sup> | E <sub>SO<sub>2</sub></sub> <sup>фв</sup> , тис. т | Q <sub>r</sub> , МДж/кг | S <sup>r</sup> , % | V <sub>мазут</sub> , тис. т | k <sub>SO<sub>2</sub></sub> <sup>мазут</sup> , гГДж | E <sub>SO<sub>2</sub></sub> <sup>мазут</sup> , тис. т | Q <sub>r</sub> , МДж/м <sup>3</sup> | V <sub>газ</sub> , тис. м <sup>3</sup> | V <sub>ДКС</sub> <sup>фв</sup> , млрд м <sup>3</sup> |  |
| <b>ПАТ «Донбасенерго»</b>      |                     |          |                    |                         |                    |                    |                              |  |   |  |  |                         |                    |                             |   |   |                                     |  |  |  |
| Старобешівська                 | А, П                | РШВ      | 4,7                | 22,0                    | 25,5               | 1,4                | 3,7                          | 7,7                                    | 3233                                      | 28,9   | 93,3   | 39,6                    | 2,2                | 0                           | 1055  | 0   | 33,3                                | 50,5                                   | 29,4   | 93,4   |
| Слов'янська                    | А                   | РШВ      | 3,6                | 22,8                    | 23,3               | 1,3                | 1,2                          | 8,1                                    | 2816                                      | 9,4  | 26,4   | 31,9                    | 1,5                | 0                           | 917   | 0   | 33,8                                | 11,9                                   | 9,5  | 26,4   |
| <b>ПАТ «Центренерго»</b>       |                     |          |                    |                         |                    |                    |                              |  |   |  |  |                         |                    |                             |   |   |                                     |  |  |  |
| Вуглегірська                   | Г, ДГ               | РШВ      | 0,2                | 22,5                    | 23,2               | 3,3                | 1,0                          | 8,0                                    | 7188                                      | 8,2  | 58,6   | 35,5                    | 1,7                | 0                           | 882   | 0   | 33,5                                | 7,6                                    | 8,2  | 58,6   |
| Трипільська                    | А, П                | РШВ      | 6,6                | 22,9                    | 22,9               | 1,5                | 2,2                          | 7,9                                    | 3239                                      | 16,9   | 54,8   | 38,1                    | 2,2                | 1,3                         | 1076  | 0,05  | 34,2                                | 11,6                                   | 17,0   | 54,8   |
| Зміївська                      | А, П                | РШВ      | 4,0                | 23,0                    | 23,0               | 2,0                | 3,2                          | 8,1                                    | 4252                                      | 25,7   | 109,3  | 35,8                    | 1,8                | 1,9                         | 934   | 0,06  | 33,6                                | 58,8                                   | 26,4   | 109,4  |
| <b>ПАТ «ДТЕК Дніпроенерго»</b> |                     |          |                    |                         |                    |                    |                              |  |   |  |  |                         |                    |                             |   |   |                                     |  |  |  |
| Криворізька                    | П                   | РШВ      | 4,5                | 24,2                    | 23,9               | 2,6                | 3,2                          | 8,5                                    | 5686                                      | 27,5   | 156,1  | 40,2                    | 1,8                | 2,0                         | 828   | 0,07  | 33,8                                | 25,7                                   | 27,8   | 156,2  |
| Придніпровська                 | А, П                | РШВ      | 9,5                | 23,1                    | 23,6               | 1,7                | 1,9                          | 7,7                                    | 3892                                      | 14,9   | 58,14  | 37,1                    | 1,5                | 1,3                         | 788   | 0,04  | 33,5                                | 72,1                                   | 15,7   | 58,2   |
| Запорізька                     | Г, ДГ               | РШВ      | 0,3                | 22,1                    | 22,3               | 2,6                | 2,6                          | 7,89                                   | 5100                                      | 20,5   | 104,7  | 39,6                    | 1,8                | 0                           | 859   | —   | 33,9                                | 17,2                                   | 20,7   | 104,7  |
| <b>ПАТ «ДТЕК Західенерго»</b>  |                     |          |                    |                         |                    |                    |                              |  |   |  |  |                         |                    |                             |   |   |                                     |  |  |  |
| Бурштинська                    | Г, ДГ               | РШВ      | 1,1                | 21,6                    | 22,2               | 1,8                | 4,8                          | 7,6                                    | 4006                                      | 36,2   | 144,8  | 40,2                    | 1,9                | 0                           | 903   | 0   | 33,7                                | 68,4                                   | 36,9   | 144,8  |
| Доброутвірська                 | Г, ДГ               | ТШВ      | 1,0                | 22,5                    | 23,7               | 2,1                | 1,0                          | 7,94                                   | 4336                                      | 7,7  | 33,5   | —                       | —                  | 0                           | —   | 0   | 34,0                                | 3,2                                    | 7,8  | 33,5   |
| Ладизинська                    | Г, ДГ               | РШВ      | 0,4                | 21,3                    | 21,2               | 2,1                | 2,8                          | 7,58                                   | 4470                                      | 21,4   | 95,7   | 39,4                    | 2,1                | 0                           | 1003  | 0   | 32,9                                | 18,5                                   | 21,6   | 95,7   |
| <b>ТОВ «ДТЕК Східенерго»</b>   |                     |          |                    |                         |                    |                    |                              |  |   |  |  |                         |                    |                             |   |   |                                     |  |  |  |
| Зуївська                       | Г, ДГ               | РШВ      | 0,3                | 20,2                    | 26,2               | 2,0                | 3,1                          | 7,2                                    | 4462                                      | 22,5   | 100,2  | 36,9                    | 1,8                | 0                           | 947   | —   | 34,0                                | 13,1                                   | 22,6   | 100,2  |
| Курахівська                    | пром. продукт Г, ДГ | ТШВ      | 1,8                | 18,9                    | 34,9               | 1,8                | 3,8                          | 6,6                                    | 4392                                      | 25,0   | 110,0  | 39,2                    | 2,4                | 29,7                        | 1083  | 1,26  | 34,0                                | 10,7                                   | 25,6   | 111,3  |
| Луганська                      | А, П                | РШВ      | 4,1                | 25,0                    | 17,0               | 1,8                | 2,4                          | 8,8                                    | 3613                                      | 20,7   | 74,9   | 40,1                    | 1,3                | 2,2                         | 621   | 0,06  | 34,0                                | 32,6                                   | 21,1   | 75,0   |
| <b>Всього</b>                  |                     |          |                    |                         |                    | 1,9                | 36,8                         |  |   | 285,4  | 1220,4   |                         | 38,4               |                             | 1,54  |   | 402,0                               | 290,4                                  | 1222,0   |  |

\*РШВ — рідке шлаковидалення, ТШВ — тверде шлаковидалення.

## HEAT AND ELECTRICITY SUPPLY

**Таблиця 2. Інформація про якість та витрати палива, результати розрахунків питомих і валових викидів сухих димових газів та діоксиду сірки на вугільних ТЕС України у 2014 році**

| ТЕС                            | Марка палива        | Тип ШВ* | q <sub>4</sub> , % | Для вугілля             |                    |                    |                              |   |   |   | Для мазуту                               |                         |                    |                             |   | Для газу                                  |                                     |   | Загальний викид E <sub>SO<sub>2</sub></sub> , тис. т |  |
|--------------------------------|---------------------|---------|--------------------|-------------------------|--------------------|--------------------|------------------------------|---|---|---|--|-------------------------|--------------------|-----------------------------|---|---|-------------------------------------|---|--|--|
|                                |                     |         |                    | Q <sub>r</sub> , МДж/кг | A <sup>d</sup> , % | S <sup>d</sup> , % | V <sub>вугілля</sub> , млн т | V <sup>г</sup> <sub>г</sub> , Мн <sup>3</sup> /кг | CSO <sub>2</sub> вуг., МГ/Мн <sup>3</sup> | V <sup>г</sup> <sub>г</sub> вуг., млрд м <sup>3</sup> | E <sub>SO<sub>2</sub></sub> вуг., тис. т | Q <sub>r</sub> , МДж/кг | S <sup>г</sup> , % | V <sub>мазут</sub> , тис. т | k <sub>SO<sub>2</sub></sub> мазут, ГГДж | E <sub>SO<sub>2</sub></sub> мазут, тис. т | Q <sub>r</sub> , МДж/м <sup>3</sup> | V <sup>г</sup> <sub>г</sub> вуг., тис. м <sup>3</sup> |  | V <sub>ДГГ</sub> , млрд м <sup>3</sup> |
| <b>ПАТ «Донбасенерго»</b>      |                     |         |                    |                         |                    |                    |                              |   |   |   |  |                         |                    |                             |   |   |                                     |   |  |  |
| Старобешівська                 | А, П                | РШВ     | 3,9                | 23,2                    | 23,2               | 1,7                | 2,7                          | 8,2   | 3643                                      | 22,3  | 81,3                                     | 39,1                    | 1,4                | 0                           | 660                                     | 0   | 33,3                                | 33,7  | 22,7   | 81,3                                   |
| Слов'янська                    | А                   | РШВ     | 2,2                | 23,4                    | 22,2               | 1,2                | 0,6                          | 8,4   | 2456                                      | 4,8   | 11,9                                     | 30,4                    | 1,6                | 1,8                         | 980                                     | 0,05                                      | 33,8                                | 10,2  | 5,0  | 11,9                                   |
| <b>ПАТ «Центренерго»</b>       |                     |         |                    |                         |                    |                    |                              |   |   |   |  |                         |                    |                             |   |   |                                     |   |  |  |
| Вуглегірська                   | Г, ДГ               | РШВ     | 0,2                | 22,7                    | 22,5               | 3,2                | 1,6                          | 8,1   | 6963                                      | 13,0  | 90,6                                     | 36,0                    | 1,7                | 0                           | 903                                     | 0   | 33,6                                | 7,7   | 13,1   | 90,6                                   |
| Трипільська                    | А, П                | РШВ     | 7,12               | 22,2                    | 24,6               | 1,4                | 1,8                          | 7,6   | 3124                                      | 13,7  | 42,8                                     | 36,6                    | 2,2                | 2,4                         | 1115                                    | 0,09                                      | 34,1                                | 90,0  | 14,7   | 42,9                                   |
| Зміївська                      | А, П                | РШВ     | 6,5                | 22,1                    | 25,4               | 1,8                | 2,4                          | 7,6   | 3975                                      | 18,1  | 71,9                                     | 32,9                    | 1,3                | 3,3                         | 740                                     | 0,08                                      | 33,5                                | 52,0  | 18,7   | 72,0                                   |
| <b>ПАТ «ДТЕК Дніпроенерго»</b> |                     |         |                    |                         |                    |                    |                              |   |   |   |  |                         |                    |                             |   |   |                                     |   |  |  |
| Криворізька                    | П                   | РШВ     | 5,4                | 24,3                    | 22,3               | 2,2                | 3,0                          | 8,4   | 4716                                      | 25,5  | 120,4                                    | 39,7                    | 1,7                | 1,9                         | 823                                     | 0,06                                      | 33,8                                | 26,4  | 25,9   | 120,5                                  |
| Придніпровська                 | А, П                | РШВ     | 8,5                | 23,3                    | 23,2               | 1,3                | 1,9                          | 7,8   | 2916                                      | 15,0  | 43,7                                     | 36,3                    | 1,5                | 0                           | 801                                     | 0   | 33,7                                | 70,0  | 15,7   | 43,7                                   |
| Запорізька                     | Г, ДГ               | РШВ     | 0,3                | 21,3                    | 24,5               | 1,8                | 2,5                          | 7,6   | 3985                                      | 18,8  | 75,0                                     | 40,0                    | 1,8                | 0                           | 861                                     | 0   | 34,0                                | 11,0  | 19,0   | 75,0                                   |
| <b>ПАТ «ДТЕК Західенерго»</b>  |                     |         |                    |                         |                    |                    |                              |   |   |   |  |                         |                    |                             |   |   |                                     |   |  |  |
| Бурштинська                    | Г, ДГ               | РШВ     | 1,1                | 21,3                    | 24,1               | 1,9                | 4,9                          | 7,5   | 4346                                      | 36,8  | 160                                      | 39,1                    | 2,2                | 0                           | 1037                                    | 0   | 33,7                                | 44,0  | 37,3   | 160,0                                  |
| Доброутвірська                 | Г, ДГ               | ТШВ     | 1,0                | 22,0                    | 23,9               | 2,1                | 0,9                          | 7,8   | 4448                                      | 7,1   | 31,5                                     | —                       | —                  | 0                           | —                                       | 0   | 34,1                                | 9,8   | 7,1  | 31,5                                   |
| Ладизжинська                   | Г, ДГ               | РШВ     | 0,4                | 20,4                    | 24,1               | 1,6                | 2,7                          | 7,3   | 3538                                      | 19,6  | 69,4                                     | 39,5                    | 2,0                | 1,4                         | 966                                     | 0,05                                      | 32,9                                | 21,4  | 19,9   | 69,5                                   |
| <b>ТОВ «ДТЕК Східенерго»</b>   |                     |         |                    |                         |                    |                    |                              |   |   |   |  |                         |                    |                             |   |   |                                     |   |  |  |
| Зуївська                       | Г, ДГ               | РШВ     | 0,3                | 20,3                    | 26,7               | 2,0                | 2,1                          | 7,2   | 45,62                                     | 15,1  | 68,9                                     | 39,5                    | 1,8                | —                           | 855                                     | —   | 34,0                                | 11,3  | 15,2   | 68,9                                   |
| Курахівська                    | пром. продукт Г, ДГ | ТШВ     | 2,0                | 17,9                    | 36,0               | 1,6                | 3,3                          | 6,3   | 4039                                      | 20,7  | 83,7                                     | 38,5                    | 1,7                | 26,7                        | 804                                     | 0,83                                      | 34,0                                | 2,7   | 21,1   | 84,5                                   |
| Луганська                      | А, П                | РШВ     | 4,4                | 24,9                    | 17,3               | 1,6                | 2,1                          | 8,8   | 3268                                      | 18,6  | 61,0                                     | 40,2                    | 1,3                | 1,3                         | 620                                     | 0,03                                      | 33,8                                | 9,4   | 18,8   | 61,1                                   |
| <b>Всього</b>                  |                     |         |                    | 21,8                    | 30,4               | 1,8                | 32,5                         |   |   | 249,3   | 1012,0                                   |                         |                    | 38,8                        |   | 1,2                                       |                                     | 394,0   | 254,2  | 1013,4                                 |

\*РШВ — рідке шлаковидалення, ТШВ — тверде шлаковидалення.

**Таблиця 3. Інформація про якість та витрати палива, результати розрахунків питомих і валових викидів сухих димових газів та діоксиду сірки на вугільних ТЕС України у 2015 році**

| ТЕС                       | Марка палива | Тип ШВ* | q <sub>4</sub> , % | Для вугілля             |                    |                    |                              |   |   |   | Для мазуту                               |                         |                    |                             |   | Для газу                                  |                                     |   | Загальний викид E <sub>SO<sub>2</sub></sub> , тис. т |  |
|---------------------------|--------------|---------|--------------------|-------------------------|--------------------|--------------------|------------------------------|---|---|---|--|-------------------------|--------------------|-----------------------------|---|---|-------------------------------------|---|--|--|
|                           |              |         |                    | Q <sub>r</sub> , МДж/кг | A <sup>d</sup> , % | S <sup>d</sup> , % | V <sub>вугілля</sub> , млн т | V <sup>г</sup> <sub>г</sub> , Мн <sup>3</sup> /кг | CSO <sub>2</sub> вуг., МГ/Мн <sup>3</sup> | V <sup>г</sup> <sub>г</sub> вуг., млрд м <sup>3</sup> | E <sub>SO<sub>2</sub></sub> вуг., тис. т | Q <sub>r</sub> , МДж/кг | S <sup>г</sup> , % | V <sub>мазут</sub> , тис. т | k <sub>SO<sub>2</sub></sub> мазут, ГГДж | E <sub>SO<sub>2</sub></sub> мазут, тис. т | Q <sub>r</sub> , МДж/м <sup>3</sup> | V <sup>г</sup> <sub>г</sub> вуг., тис. м <sup>3</sup> |  | V <sub>ДГГ</sub> , млрд м <sup>3</sup> |
| 1                         | 2            | 3       | 4                  | 5                       | 6                  | 7                  | 8                            | 9   | 10  | 11  | 12                                       | 13                      | 14                 | 15                          | 16                                      | 17  | 18                                  | 19  | 20   | 21                                     |
| <b>ПАТ «Донбасенерго»</b> |              |         |                    |                         |                    |                    |                              |   |   |   |  |                         |                    |                             |   |   |                                     |   |  |  |
| Старобешівська            | А, П         | РШВ     | 4,0                | 23,1                    | 25,1               | 1,7                | 2,1                          | 8,18  | 3736                                      | 17,2  | 64,4                                     | 39,8                    | 1,7                | 0,88                        | 798                                     | 0,03                                      | 33,3                                | 6,7   | 17,3   | 64,4                                   |
| Слов'янська               | А            | РШВ     | 2,9                | 23,6                    | 22,5               | 1,5                | 1,1                          | 8,42  | 3280                                      | 9,0   | 29,7                                     | 33,5                    | 2,3                | 1,17                        | 1279                                    | 0,05                                      | 33,9                                | 14,4  | 9,1  | 29,7                                   |

**ТЕПЛО- І ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ**

Продовження табл. 3

| 1                              | 2                   | 3   | 4   | 5           | 6           | 7          | 8           | 9    | 10   | 11           | 12           | 13   | 14  | 15           | 16          | 17   | 18           | 19           | 20           | 21    |
|--------------------------------|---------------------|-----|-----|-------------|-------------|------------|-------------|------|------|--------------|--------------|------|-----|--------------|-------------|------|--------------|--------------|--------------|-------|
| <b>ПАТ «Центренерго»</b>       |                     |     |     |             |             |            |             |      |      |              |              |      |     |              |             |      |              |              |              |       |
| Вуглегірська                   | Г, ДГ               | РШВ | 0,2 | 22,4        | 23,9        | 3,1        | 2,0         | 7,97 | 6942 | 16,0         | 110,8        | 37,7 | 1,8 | 0,91         | 923         | 0,03 | 33,6         | 19,2         | 16,0         | 110,9 |
| Трипільська                    | А, П                | РШВ | 5,9 | 23,4        | 23,8        | 1,5        | 1,3         | 8,09 | 3219 | 10,7         | 34,6         | 32,3 | 2,2 | 4,1          | 1300        | 0,17 | 34,1         | 44,0         | 10,8         | 34,7  |
| Зміївська                      | А, П                | РШВ | 6,0 | 23,4        | 22,9        | 1,4        | 0,6         | 8,14 | 3057 | 4,5          | 13,7         | 29,5 | 1,3 | 2,14         | 858         | 0,05 | 35,6         | 15,7         | 4,5          | 13,8  |
| <b>ПАТ «ДТЕК Дніпроенерго»</b> |                     |     |     |             |             |            |             |      |      |              |              |      |     |              |             |      |              |              |              |       |
| Криворізька                    | П                   | РШВ | 7,1 | 23,4        | 24,0        | 2,4        | 1,2         | 7,98 | 5350 | 9,9          | 53,0         | 39,2 | 2,2 | 18,49        | 1087        | 0,79 | 34,0         | 11,8         | 10,4         | 53,8  |
| Придніпровська                 | А, П                | РШВ | 9,0 | 22,3        | 25,3        | 1,6        | 0,8         | 7,47 | 3823 | 5,9          | 22,7         | 35,9 | 1,4 | 18,96        | 715         | 0,49 | 33,8         | 14,1         | 6,4          | 23,2  |
| Запорізька                     | Г, ДГ               | РШВ | 0,4 | 21,1        | 26,4        | 1,5        | 2,7         | 7,5  | 3420 | 19,9         | 68,1         | 38,5 | 2,8 | 15,6         | 1381        | 0,83 | 34,0         | 3,7          | 20,3         | 69,0  |
| <b>ПАТ «ДТЕК Західенерго»</b>  |                     |     |     |             |             |            |             |      |      |              |              |      |     |              |             |      |              |              |              |       |
| Бурштинська                    | Г, ДГ               | РШВ | 1,2 | 20,8        | 26,5        | 1,8        | 4,9         | 7,32 | 4225 | 35,5         | 150,0        | 39,8 | 2,7 | 28,38        | 1309        | 1,48 | 33,6         | 9,9          | 36,3         | 151,5 |
| Добро-твірська                 | Г, ДГ               | ТШВ | 1,4 | 20,8        | 26,3        | 1,7        | 1,2         | 7,28 | 3805 | 8,4          | 32,1         | 38,4 | 2,1 | 5,65         | 1059        | 0,23 | 34,2         | 1,0          | 8,6          | 32,3  |
| Ладизинська                    | Г, ДГ               | РШВ | 0,4 | 20,4        | 24,6        | 1,4        | 2,8         | 7,25 | 3037 | 19,9         | 60,5         | 39,1 | 2,2 | 20,75        | 1063        | 0,86 | 32,9         | 7,4          | 20,5         | 61,3  |
| <b>ТОВ «ДТЕК Східенерго»</b>   |                     |     |     |             |             |            |             |      |      |              |              |      |     |              |             |      |              |              |              |       |
| Зуївська                       | Г, ДГ               | РШВ | 0,3 | 20,7        | 27,8        | 1,9        | 1,6         | 7,38 | 4386 | 11,6         | 50,8         | 36,5 | 1,8 | 2,65         | 942         | 0,09 | 34,0         | 1,1          | 11,7         | 50,9  |
| Курахівська                    | пром. продукт Г, ДГ | ТШВ | 2,0 | 17,9        | 36,4        | 1,3        | 3,4         | 6,27 | 3180 | 21,1         | 67,3         | 38,2 | 2,3 | 36,65        | 1089        | 1,52 | 34,1         | 2,2          | 22,1         | 68,8  |
| Луганська                      | А, П                | РШВ | 5,7 | 23,2        | 22,4        | 1,7        | 1,3         | 8,04 | 3718 | 10,2         | 37,9         | 40,2 | 1,3 | 4,42         | 600         | 0,11 | 33,7         | 2,3          | 10,3         | 38,0  |
| <b>Всього</b>                  |                     |     |     | <b>21,3</b> | <b>25,6</b> | <b>1,7</b> | <b>26,7</b> |      |      | <b>200,0</b> | <b>795,6</b> |      |     | <b>160,8</b> | <b>6,73</b> |      | <b>153,6</b> | <b>204,2</b> | <b>802,4</b> |       |

\*РШВ — рідке шлаковидалення, ТШВ — тверде шлаковидалення.

**Таблиця 4. Інформація про якість та витрати палива, результати розрахунків питомих і валових викидів сухих димових газів та діоксиду сірки на вугільних ТЕС України у 2016 році**

| ТЕС                            | Марка палива | Тип ШВ* | q <sub>4</sub> , % | Для вугілля                          |                    |                    |                              |  |   |   | Для мазуту                               |                                      |                    |  |   |  | Для газу   |  |   |  |
|--------------------------------|--------------|---------|--------------------|--------------------------------------|--------------------|--------------------|------------------------------|--|---|---|--|--------------------------------------|--------------------|--|---|--|--|--|---|--|
|                                |              |         |                    | Q <sub>r</sub> <sup>r</sup> , МДж/кг | A <sup>d</sup> , % | S <sup>d</sup> , % | V <sub>вугілля</sub> , млн т | V <sub>ДІГ</sub> <sup>св.</sup> , м <sup>3</sup> /кг | сSO <sub>2</sub> <sup>св.</sup> , мг/м <sup>3</sup> | V <sub>ДІГ</sub> <sup>св.</sup> , млрд м <sup>3</sup> | E <sub>св.</sub> <sup>св.</sup> , тис. т | Q <sub>r</sub> <sup>r</sup> , МДж/кг | S <sup>r</sup> , % | V <sub>мазут</sub> <sup>св.</sup> , тис. т | k <sub>св.</sub> <sup>св.</sup> , г/ГДж | E <sub>св.</sub> <sup>св.</sup> , тис. т | Q <sub>r</sub> <sup>r</sup> , МДж/м <sup>3</sup> | B <sup>св.</sup> , тис. м <sup>3</sup> | V <sub>ДІГ</sub> <sup>св.</sup> , млрд м <sup>3</sup> | Загальний викид E <sub>св.</sub> <sup>св.</sup> , тис. т |
| 1                              | 2            | 3       | 4                  | 5                                    | 6                  | 7                  | 8                            | 9  | 10  | 11  | 12                                       | 13                                   | 14                 | 15   | 16                                      | 17                                       | 18   | 19                                     | 20  | 21   |
| <b>ПАТ «Добасенерго»</b>       |              |         |                    |                                      |                    |                    |                              |  |   |   |  |                                      |                    |  |   |  |  |  |   |  |
| Старобешівська                 | А, П         | РШВ     | 3,7                | 23,3                                 | 24,2               | 1,8                | 2,5                          | 8,3  | 3983  | 20,2  | 80,5                                     | —                                    | —                  | 0  | —                                       | 0  | 33,3   | 4,5                                    | 20,3  | 80,5   |
| Слов'янська                    | А            | РШВ     | 2,7                | 23,3                                 | 23,5               | 1,7                | 1,6                          | 8,4  | 3731  | 13,0  | 48,6                                     | —                                    | —                  | 0  | —                                       | 0  | 34,4   | 11,6                                   | 13,2  | 48,3   |
| <b>ПАТ «Центренерго»</b>       |              |         |                    |                                      |                    |                    |                              |  |   |   |  |                                      |                    |  |   |  |  |  |   |  |
| Вуглегірська                   | Г, ДГ        | РШВ     | 0,2                | 22,4                                 | 23,7               | 3,2                | 2,5                          | 8,0  | 7143  | 20,1  | 143,4                                    | 38,6                                 | 2,1                | 1,4  | 1033                                    | 0,05                                     | 33,8   | 15,6                                   | 20,3  | 143,5  |
| Трипільська                    | А, П         | РШВ     | 6,2                | 21,9                                 | 25,9               | 1,5                | 1,4                          | 7,6  | 3358  | 10,9  | 36,5                                     | 40,0                                 | 2,3                | 26,5                                       | 1297                                    | 1,13                                     | 34,3   | 0,9                                    | 11,2  | 37,6   |
| Зміївська                      | А, П         | РШВ     | 7,5                | 23,2                                 | 22,4               | 1,9                | 1,1                          | 7,9  | 4187  | 8,6   | 36,0                                     | 33,2                                 | 2,2                | 14,4                                       | 1260                                    | 0,61                                     | 34,1   | 1,5                                    | 8,8   | 36,6   |
| <b>ПАТ «ДТЕК Дніпроенерго»</b> |              |         |                    |                                      |                    |                    |                              |  |   |   |  |                                      |                    |  |   |  |  |  |   |  |
| Криворізька                    | П            | РШВ     | 5,7                | 24,0                                 | 23,6               | 2,8                | 2,3                          | 8,3  | 6214  | 19,3  | 119,7                                    | 39,9                                 | 2,5                | 1,4  | 1187                                    | 0,07                                     | 34,4   | 27,9                                   | 19,6  | 119,8  |
| Придніпровська                 | А, П         | РШВ     | 7,4                | 23,5                                 | 22,3               | 2,0                | 1,4                          | 8,0  | 4337  | 10,8  | 47,0                                     | 36,9                                 | 2,0                | 0,9  | 1008                                    | 0,03                                     | 34,1   | 30,8                                   | 11,2  | 47,0   |
| Запорізька                     | Г, ДГ        | РШВ     | 0,4                | 21,0                                 | 26,5               | 1,6                | 2,4                          | 7,5  | 3722  | 17,7  | 65,8                                     | —                                    | —                  | 0  | —                                       | 0  | 37,5   | 19,0                                   | 17,9  | 65,8   |
| <b>ПАТ «ДТЕК Західенерго»</b>  |              |         |                    |                                      |                    |                    |                              |  |   |   |  |                                      |                    |  |   |  |  |  |   |  |
| Бурштинська                    | Г, ДГ        | РШВ     | 1,3                | 20,7                                 | 25,6               | 1,8                | 4,2                          | 7,3  | 4011  | 31,0  | 124,1                                    | —                                    | —                  | 0  | —                                       | 0  | 33,6   | 57,0                                   | 31,6  | 124,2  |
| Добро-твірська                 | Г, ДГ        | ТШВ     | 1,5                | 21,0                                 | 27,8               | 1,9                | 1,2                          | 7,4  | 4265  | 8,6   | 36,71                                    | —                                    | —                  | 0  | —                                       | 0  | 34,4   | 4,3                                    | 8,7   | 36,7   |

## HEAT AND ELECTRICITY SUPPLY

Продовження табл. 4

|                               |                           |     |     |      |      |     |      |     |      |       |       |      |     |      |      |      |      |       |       |       |
|-------------------------------|---------------------------|-----|-----|------|------|-----|------|-----|------|-------|-------|------|-----|------|------|------|------|-------|-------|-------|
| 1                             | 2                         | 3   | 4   | 5    | 6    | 7   | 8    | 9   | 10   | 11    | 12    | 13   | 14  | 15   | 16   | 17   | 18   | 19    | 20    | 21    |
| Ладжи-<br>нська               | Г, ДГ                     | РШВ | 0,4 | 20,9 | 24,4 | 1,5 | 2,2  | 7,4 | 3296 | 16,2  | 53,49 | —    | —   | 0    | —    | 0    | 33,1 | 19,3  | 16,5  | 53,5  |
| <b>ПАТ «ДТЕК Західенерго»</b> |                           |     |     |      |      |     |      |     |      |       |       |      |     |      |      |      |      |       |       |       |
| Зуївська                      | Г, ДГ                     | РШВ | 0,3 | 19,9 | 27,1 | 1,6 | 1,8  | 7,1 | 3680 | 12,6  | 37,6  | 37,6 | 1,8 | 1,9  | 930  | 0,07 | —    | —     | —     | 46,3  |
| Кураків-<br>ська              | пром.<br>продукт<br>Г, ДГ | ТШВ | 2,2 | 17,4 | 37,8 | 1,4 | 2,9  | 6,  | 3708 | 17,6  | 38,0  | 38,0 | 2,4 | 22,6 | 1119 | 0,96 | 34,5 | 9,0   | 17,9  | 66,1  |
| Луган-<br>ська                | А, П                      | РШВ | 5,7 | 23,5 | 21,6 | 2,0 | 1,9  | 8,2 | 4220 | 15,5  | 34,4  | 34,4 | 1,3 | 2,0  | 723  | 0,05 | 40,8 | 14,6  | 15,7  | 65,5  |
| <b>Всього</b>                 |                           |     |     |      |      | 1,9 | 29,2 |     |      | 222,0 | 968,7 |      |     | 71,1 |      | 2,97 |      | 216,2 | 225,3 | 976,6 |

\*РШВ — рідке шлаковидалення, ТШВ — тверде шлаковидалення.

**Таблиця 5. Інформація про встановлену потужність ТЕС, відпуск електроенергії, ККД, питомі витрати умовного палива, що витрачається на відпущення 1 кВт-г електроенергії, витрати та сірчистості вугілля і результати розрахунків валових викидів сухих димових газів та діоксиду сірки на вугільних ТЕС України у 2013—2016 рр.**

| ТЕС        | Встанов-<br>лена<br>потужність,<br>млн. кВт<br>(% від<br>загальної) | ККД,<br>% | Питома<br>витрата<br>у. п.,<br>г/кВтг | Відпуск ел.<br>енергії,<br>млрд кВтг<br>(% від<br>загального) | $S^d$ ,<br>% | $B_{\text{вугілля}}$ ,<br>млн т<br>(% від<br>загальної) | $V_{DVG}$ ,<br>млрд м <sup>3</sup><br>(% від<br>загальної) | $E_{SO_2}$ ,<br>тис. т<br>(% від<br>загальної) | SO <sub>2</sub> ,<br>г/кВтг |
|------------|---|-----------|---------------------------------------|---|--------------|---|--|--|-----------------------------|
| 2013 рік   |   |           |                                       |   |              |   |  |  |                             |
| Всього     | 21,94   | 31,3      | 394,8                                 | 71,1  | 1,93*        | 36,80   | 290,43   | 1221,97  | 17,2                        |
| з них А, П | 12,21<br>(55,6)   | 30,0      | 410                                   | 34,7<br>(48,9)  | 1,82         | 17,73<br>(48,3)   | 146,97<br>(50,6)   | 573,28<br>(46,9)                               | 16,5                        |
| Г, ДГ      | 9,73<br>(44,4)  | 32,1      | 379                                   | 36,4<br>(51,1)  | 2,04         | 19,07<br>(51,8)   | 143,145<br>(49,4)  | 548,7<br>(53,1)                                | 17,8                        |
| 2014 рік   |   |           |                                       |   |              |   |  |  |                             |
| Всього     | 22,3  | 31,2      | 397,7                                 | 62,0  | 1,82*        | 32,54   | 254,17   | 1013,42  | 16,33                       |
| з них А, П | 12,44<br>(55,8)   | 29,6      | 413,6                                 | 28,6<br>(46,0)  | 1,68         | 14,54<br>(44,7)   | 121,42<br>(47,8)   | 433,35<br>(42,8)                               | 15,2                        |
| Г, ДГ      | 9,86<br>(44,2)  | 31,9      | 378,8                                 | 33,5<br>(54,0)  | 1,93         | 18,0<br>(55,3)  | 132,75<br>(52,3)   | 580,07<br>(57,2)                               | 17,3                        |
| 2015 рік   |   |           |                                       |   |              |   |  |  |                             |
| Всього     | 22,4  | 30,9      | 400,8                                 | 49,4  | 1,73*        | 26,70   | 204,17   | 802,36   | 16,2                        |
| з них А, П | 12,50<br>(55,8)   | 28,8      | 428,5                                 | 15,6<br>(31,7)  | 1,72         | 8,36<br>(31,3)  | 68,43<br>(33,7)  | 257,61<br>(32,1)                               | 16,6                        |
| Г, ДГ      | 9,90<br>(44,2)  | 31,9      | 386,3                                 | 33,8<br>(68,3)  | 1,74         | 18,35<br>(68,7)   | 135,44<br>(66,3)   | 544,76<br>(67,9)                               | 16,1                        |
| 2016       |   |           |                                       |   |              |   |  |  |                             |
| Всього     | 22,33**   | 30,7      | 403,7                                 | 52,7  | 1,91*        | 29,24   | 225,30   | 971,5  | 18,4                        |
| з них А, П | 12,42<br>(55,6)   | 29,1      | 423,8                                 | 21,4<br>(40,7)  | 2,0          | 12,10<br>(41,4)   | 99,86<br>(44,3)  | 435,6<br>(44,8)                                | 20,3                        |
| Г, ДГ      | 9,91<br>(44,3)  | 31,7      | 388,5                                 | 31,3<br>(59,3)  | 1,85         | 17,14<br>(58,6)   | 125,44<br>(55,7)   | 535,9<br>(55,2)                                | 17,1                        |

\*Середнє значення.

\*\* У 2016 році реально працювало 20,6 млн кВт встановленої потужності ТЕС, з них 11,023 млн кВт (53,4%) — потужності, що спалюють вугілля марок А та П, а 9,613 млн кВт (46,6%) — потужності, що спалюють вугілля марок Г та ДГ.

Значення питомих викидів SO<sub>2</sub> на вугільних ТЕС України в останні роки знаходяться на рівні 16—20 г/кВтг відпущеної електроенергії, проти 1,2 г/кВтг

відпущеної електроенергії — нинішнього середнього європейського рівня. Це пояснюється використанням на ТЕС України вугілля із середнім і високим вмістом сірки та відсутністю на ТЕС установок ДДГ.

Крім того, експлуатація пиловугільних енергоблоків ТЕС відбувається на основі застарілих технологічних схем, які розроблялись у 60-х роках ХХ століття. Середній ККД вугільних енергоблоків становить близько 31%, причому значення ККД на ТЕС зменшуються з кожним роком (табл. 5), для порівняння — 45% при роботі у базовому режимі у розвинутих країнах. При цьому спостерігаються високі питомі витрати умовного палива (у. п.) на 1 кіловат годину відпущеної електроенергії, у 2015 р. вони були 400,8 г/кВтг, у 2016 р. — 403,7 г/кВтг.

Отримані в результаті розрахунків та наведені в табл. 1—4 значення питомих концентрацій SO<sub>2</sub> на вугільних ТЕС показують вражаючу різницю існуючого рівня концентрацій і вимог європейських директив для діючих вугільних котлів. Рівень викидів SO<sub>2</sub> на ТЕС України перевищує граничні значення в 8—18 разів. Для досягнення європейських екологічних показників необхідно різко підвищити ефективність існуючого пилоочисного обладнання та встановити нове сучасне газоочисне устаткування з рівнем ефективності 92—98%.

ТЕС України, які мають джерела викиду, мають платити екологічний податок, питомі характеристики якого за 2013—2016 рр. приведені в табл. 6. У табл. 6 також наведені результати оціночних розрахунків загальної плати за викид SO<sub>2</sub> у ці роки на ТЕС України.

**Таблиця 6. Оціночні розрахунки загальної плати за викид SO<sub>2</sub> на ТЕС України у 2013—2016 рр.**

| Параметр  | Роки              |                  |                  |                  |
|---|-------------------|------------------|------------------|------------------|
|   | 2013*             | 2014*            | 2015*            | 2016             |
| Відпущено електроенергії на ТЕС України, тис. кВтг  | 71115,20          | 62032,68         | 49397,80         | 52726,28         |
| Викиди SO <sub>2</sub> на ТЕС України (за нашими розрахунками), тис. т                            | 1221,97           | 1013,42          | 802,36           | 971,50           |
| Ставка податку за викид SO <sub>2</sub> за Податковим кодексом України, грн/т Євро/т              | 1078,28<br>101,61 | 1162,12<br>73,94 | 1165,34<br>48,10 | 1968,81<br>69,59 |
| Розрахункова величина загальної плати за викиди SO <sub>2</sub> на ТЕС України, млрд грн млн євро | 1,32<br>124,2     | 1,18<br>74,9     | 1,04<br>42,9     | 1,91<br>67,6     |

\* Діяла пільгова ставка 0,75.

Ставка податку за викид SO<sub>2</sub> згідно зі ст. 243 Податкового кодексу України у 2016 р. досягла 70 євро/т. У 2017 р. цей екологічний податок склав 2204,89 грн/т або 73,49 євро/т, у 2018 р. — 2451,84 грн/т або 70,05 євро/т (в цінах січня 2018 р.). Розрахункова величина загальної плати за викиди SO<sub>2</sub> на ТЕС України у 2016 р. досягла 1,9 млрд грн або 67,6 млн євро. Зростання плати за викиди діоксиду сірки згідно НПСВ до 200 євро/т призведе до суттєвого збільшення цієї плати [7].

За відомими з літератури планами з реконструкції та/або модернізації, демонтажу та виведення з експлуатації генеруючих компаній встановлена потужність енергоблоків ТЕС України, за нашими оцінками, складе 16,7 млн. кВт. Це відповідає оцінкам наведеним в Енергетичній стратегії України на період до 2035 року. Капітальні затрати встановлення на ТЕС устаткування з ДДГ досягають 200 євро на кВт встановленої потужності. Тому загальна оціночна вартість таких робіт — 3,34 млрд євро. Застосування практики спорудження одного скрубера з «мокрою» димовою трубою на декілька енергоблоків зменшить питомі капітальні та експлуатаційні затрати.

### Висновки

1. Значення питомих концентрацій діоксиду сірки в сухих димових газах на ТЕС України у 2013—2016 рр. залежно від марки палива та способу шлаковидалення в котлі були в діапазоні 2500—7200 мг/м<sup>3</sup>. Концентрація діоксиду сірки в димових газах для працюючих вугільних котлоагрегатів після 01.01.2018 повинна бути не вище 200 мг/м<sup>3</sup>, а для нових — 150 мг/м<sup>3</sup>, як цього вимагає наказ Мінприроди України від 16.02.2018 № 62 та Директива 2010/75/EU про промислові викиди ставить. Це вимагатиме впровадження на ТЕС сучасних ефективних технологій ДДГ.

2. Сучасні технології десульфуризації, що здатні забезпечити ступінь очищення не менше ніж 96%, поки не знайшли поширення на ТЕС України через їх високу вартість та відсутність промислового досвіду. Широке розповсюдження вапняку та отримання гіпсу як субпродукту ставлять технології мокрої вапнякової десульфуризації на чільне місце, незважаючи на високі капітальні затрати (до 200 дол. США/кВт). Поширена практика спорудження одного скрубера з «мокрою» димовою трубою на декілька енергоблоків суттєво зменшує питомі капітальні та експлуатаційні витрати, оскільки вапняк є дешевим сорбентом.

3. Перспективною є напівсуха аміачна десульфуризація, коли на виході утворюється сухий порошок сульфату амонію як мінерального добрива. Зважаючи на малий розмір частинок сульфату амонію, вихідним пиловловлювачем має бути рукавний фільтр. Суху десульфуризацію слід застосовувати в котлах киплячого шару для очищення димових газів від сполук сірки.

### Література

1. Протокол про приєднання України до Договору про заснування Енергетичного Співтовариства [закон України: від 15.12.2010 № 2787—VI] // Офіційний вісник України. — 2011. — № 1. — С. 1.
2. Меморандум між Україною та ЄС про взаєморозуміння щодо співробітництва в енергетичній сфері // Офіційний вісник України — 2006. — № 13. — С. 453.
3. Меморандум про взаєморозуміння щодо Стратегічного Енергетичного Партнерства між Україною та Європейським Союзом спільно з Європейським Співтовариством з атомної енергії // Офіційний вісник України — 2017. — № 80. — С. 603.
4. Про Загальнодержавну програму адаптації законодавства України до законодавства ЄС [закон України: від 18.03.2004 № 1629—IV]//Офіційний вісник України. —2004. — № 15. — С. 30.

5. Directive 2010/75/EU of the European Parliament and of the Council of 24 November 2010 on industrial emissions (integrated pollution prevention and control) // Official Journal of the European Communities. — 2010. — L. 334. — P. 17—119.
6. Наказ Міністерства охорони навколишнього природного середовища України від 16.02.2018 № 62 «Про внесення змін до наказу Мінприроди від 22 жовтня 2008 року № 541» //Офіційний вісник України. — 2018. — № 28. — С. 290.
7. Commission implementing decision (EU) 2017/1442 of 31 July 2017 establishing best available techniques (BAT) conclusions, under Directive 2010/75/EU of the European Parliament and of the Council, for large combustion plants // Official Journal of the European Communities. — 2017. — L. 212. — P. 1—82.
8. *Вольчин І.А.* Перспективи впровадження чистих вугільних технологій в енергетику країни / І.А. Вольчин, Н.І. Дунаєвська, Л.С. Гапонич, М.В. Чернявський, О.І. Топал, Я.І. Засядько. — Київ : ГНОЗІС, 2013. — 310 с.
9. *Майстренко О.Ю.* Сучасний стан вугільної енергетики України та перспективи її оновлення і розвитку / О.Ю. Майстренко, О.І. Топал, Л.С. Гапонич // Наукові праці Національного університету харчових технологій. — 2010. — № 32. — С.43—47.
10. *Вольчин І.А.* Розрахунок параметрів димових газів вугільних теплових електростанцій на основі характеристик твердого палива / І.А. Вольчин, Л.С. Гапонич // Энерготехнологии и ресурсосбережение. — 2016. — № 1. — С. 49—55.
11. *Volchyn I., Haponych L.* Engineering method for calculating the parameters of flue gas parameters of coal-fired thermal power plants based on solid fuel characteristics // Ukrainian Journal of Food Science. — 2016. — Volume 4. Issue 2. — P. 327—338.
12. *Баторшин В.А.* Решение экологических проблем в угольной энергетике США / В.А. Баторшин, В.Р. Котлер // Энергохозяйство за рубежом. — 2014. — № 1. — С. 15—20.
13. *Kohl A.I.* Gas purification. 5<sup>th</sup> ed.//Houston: Gulf Publishing Company. — 1997. — 1403 p.
14. *Вольчин І.А.* Технології сіркоочищення вугілля // Энергосбережение. — 2013. — № 2. — С. 14—17.
15. *Вольчин І.А.* Про використання карбаміду в схемах напіvsухого сіркоочищення // Енергетика та електрифікація, 2011. — № 9. — С. 3—12.
16. *Вольчин І.А.* Применение аммиака в технологии полусухой десульфуризации // Инновации и инвестиции. — 2014. — № 6. — С. 119—123.
17. *Вольчин І.А.* Використання технології напіvsухої амоніакової десульфуризації димових газів на вугільних електростанціях / І.А. Вольчин, О.М. Коломієць // Наука та інновації. — 2017. — № 4. — С. 21—29
18. *Volchyn I.* Estimate of the sulfur dioxide concentration at thermal power plants fired by donetsk coal / I. Volchyn, L. Haponych // Power Technology and Engineering. — Vol. 48, # 3. — 2014. — P. 218—221.
19. Методика определения валовых выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от котельных установок ТЭС. РД 34.02.305-98.— Москва : ВТИ им. Ф.Э. Дзержинского, 1998. — 70 с.
20. ГKD 34.02.305-2002. «Викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря від енергетичних установок. Методика визначення». Київ : ОЕП «ГРІФРЕ», 2002. — 42 с.



## IMPROVEMENT OF THE SYSTEM OF TECHNICAL WATER SUPPLY OF THE POWER COMPLEX

V. Pavelko, D. Lisovyk, M. Terefenko  
*National University of Food Technologies*

---

**Key words:**

*Modernization  
Efficiency  
Cooling tower  
Heat and power plant*

---

**Article history:**

Received 11.07.2018  
Received in revised form  
27.07.2018  
Accepted 10.08.2018

---

**Corresponding author:**

V. Pavelko  
**E-mail:**  
npnuht@ukr.net

---

**ABSTRACT**

The paper substantiates and proves the expediency of improving the system of technical water supply of the power complex by modernizing the cooling tower to improve its operation and reduce the flow of water to it as a significant object of water consumption in the energy complex.

The design of the modernized cooling tower and separated elements of the system of technical water supply at heat and power plant is presented. The results of analytical and design studies of the reconstruction and modernization of cooling towers of the thermal power plant and the process of system of water supply are presented. The complex of measures to introduce innovative energy-saving technologies to the system of technical water supply at heat and power plant is developed and presented.

The scientific novelty of the results is to confirm experimentally the effect of reducing the flow of technological water and to improve the operation of the water cooling system in counter cooling towers. From the results of the study, it was concluded that with an increase in the thermal load of the cooling to 350 Gcal / h, its cooling efficiency increases compared to the design.

It should also be emphasized that the application of the irrigation system PR-50 of the firm "Brotep-ECO" ensures a lowering of the temperature of the circulating water to 12—13°C, which is 3÷4°C more than the normative value for asbestos-cement irrigation. The installation of the water-absorber BC-150 of the firm "Brotep-ECO" allows to reduce the drop loss of water to 0,001% of the total flow of circulating water to the cooling tower.

The obtained results of the performed thermal, aerodynamic and techno-economic calculations of the modernized cooling tower form the basis for introduction of engineering and technical development to improve the technological water supply system of the district heating power plant.

## УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОГО КОМПЛЕКСУ

В.І. Павелко, Д.В. Лісовик, М.В. Терепенко

Національний університет харчових технологій

*У статті обґрунтована і доведена доцільність удосконалення системи технічного водопостачання енергетичного комплексу шляхом модернізації градирні з метою покращення її роботи і зменшення витрати води на неї як на значний об'єкт водоспоживання в енергокомплексі.*

*Приведено конструкцію модернізованої градирні баштового типу і окремих елементів системи технічного водопостачання ТЕЦ. Представлено результати аналітичних і проектно-конструкторських досліджень реконструкції й модернізації градирень теплоелектростанції та системи подачі технологічної води. Розроблений і представлений комплекс заходів щодо впровадження інноваційних енергозберігаючих технологій у системі технічного водопостачання ТЕЦ.*

*Наукова новизна результатів дослідження полягає в експериментальному підтвердженні ефекту зменшення витрати технологічної води та покращення роботи системи охолодження води в баштових протитечієвих градирнях. З отриманих результатів дослідження зроблено висновок, що при збільшенні теплового навантаження градирні до 350 Гкал/год охолоджувальна ефективність її зростає порівняно з проектною.*

*Застосування зрошувача ПР-50 фірми «БРОТЕП-ЕКО» забезпечує зниження температури циркуляційної води до 12—13°C, що на 3÷4°C більше від нормативної величини для азбестоцементного зрошувача. Встановлення водоуловлювача ВС-150 фірми «БРОТЕП-ЕКО» дає змогу зменшити краплинний виніс (втрату) води до 0,001% від загальної витрати циркуляційної води на градирню.*

*Отримані результати виконаних теплового, аеродинамічного й техніко-економічного розрахунків модернізованої градирні складають основу для впровадження інженерно-технічної розробки з удосконалення системи технологічного водопостачання теплоелектроцентралі блочного типу.*

**Ключові слова:** модернізація, ефективність, градирня, теплоелектроцентрально.

**Постановка проблеми.** Сучасні енергетичні комплекси, зокрема теплоелектроцентралі (ТЕЦ), характеризуються значним споживанням енергоносіїв у різних видах (паливо, вода, повітря), а також значним використанням водних ресурсів для технологічних потреб. Сьогодні, в умовах стрімкого підвищення цін на енергоносії, постало питання значного зменшення споживання їх у всіх галузях народного господарства, в тому числі і в енергетичних комплексах.

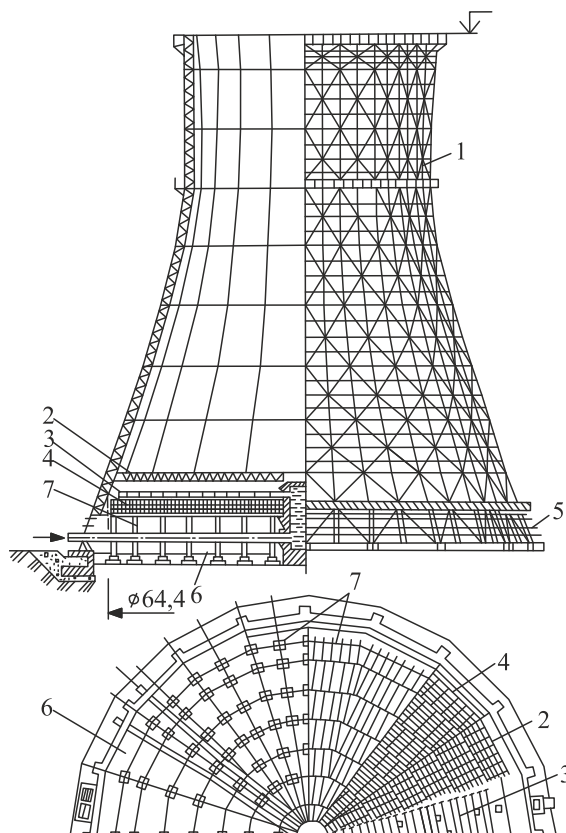
В енергетичній галузі досить поширеним є використання в системах технічного водопостачання баштових градирень як одного з найважливіших

елементів системи. Але у зв'язку з вичерпністю ресурсу їх роботи постає питання реконструкції (модернізації) градирень. Впровадження нових систем подачі, розпилення води, модернізація зрошувачів і водовловлювачів дасть змогу покращити процес експлуатації градирень і зменшити витрати на виробництво теплової і електричної енергії.

**Мета статті:** розробити комплекс заходів щодо підвищення енергоефективності теплоенергетичного обладнання ТЕЦ, зокрема системи технічного водопостачання, шляхом модернізації одного з головних елементів цієї системи — градирні.

**Матеріали і методи.** Нижче наводимо приклад розробленого нами варіанта удосконалення системи технічного водопостачання ТЕЦ з метою зменшення витрати води як на саму систему, так і на енергетичний комплекс в цілому.

На рис. 1а і 1б представлені схема баштової протитечійної градирні до і після модернізації, для якої були розроблені технічні рішення, запропоновані матеріали і методи щодо удосконалення її конструкції, а також передбачений комплекс заходів щодо підвищення ефективності роботи градирні в умовах експлуатації її на ТЕЦ при різних режимах роботи.



**Рис. 1а. Баштова протитечійна градирня (до модернізації):** 1 — витяжна башта; 2 — водоуловлювач; 3 — система водорозподілення; 4 — зрошувач; 5 — повітрорегулюючий пристрій; 6 — водозбірний басейн; 7 — несучий опорний каркас

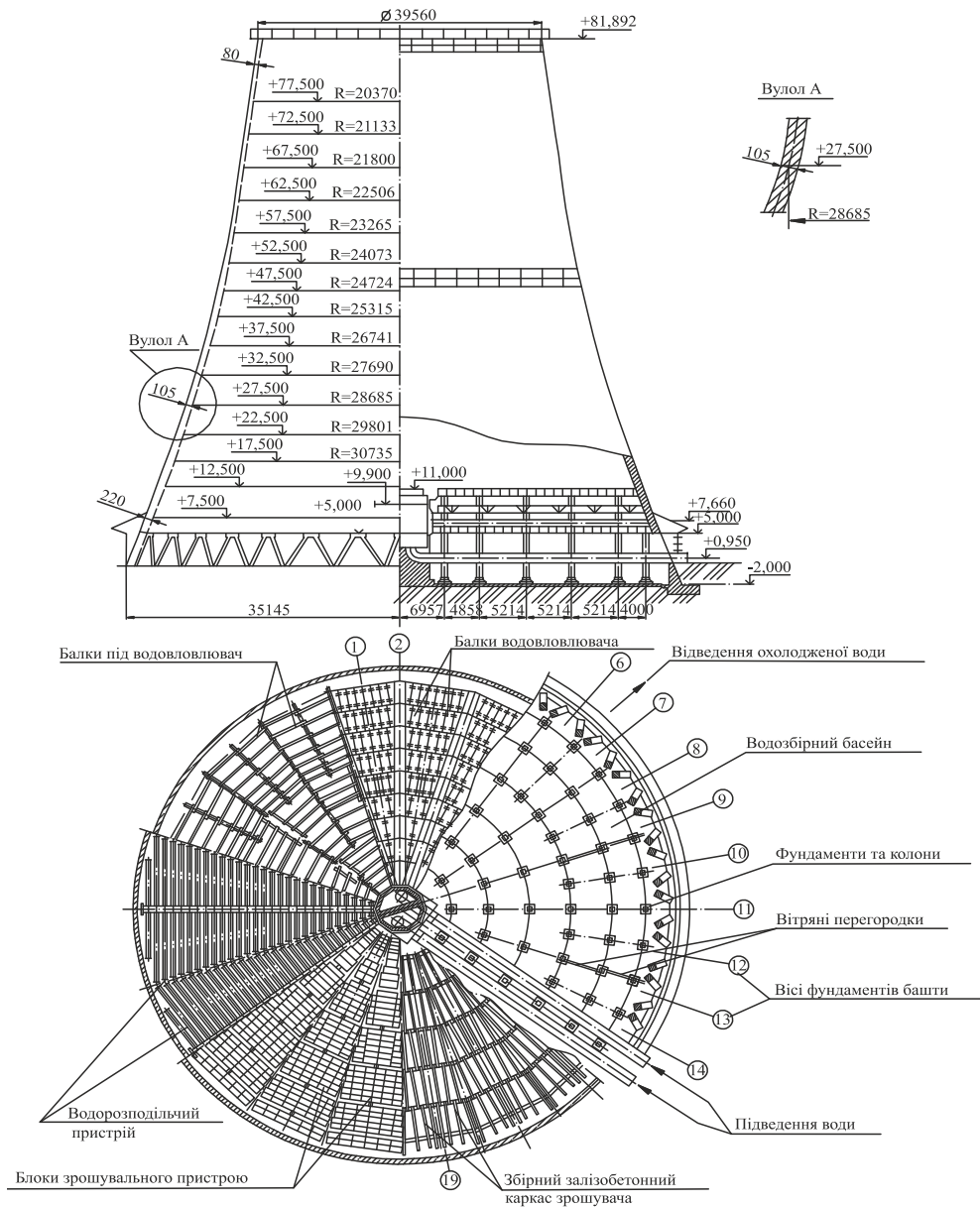


Рис. 16. Схема модернізованої баштової протитечійної градирні

Прийняті технічні рішення щодо модернізації градирні (рис. 1):

1. Передбачити підвищення охолоджуючої ефективності градирні (зниження температури охолодженої води) понад нормативну величину, порівняно з градирнею з азбестоцементним зрошувачем, на 2,8—5,4°C залежно від величини подачі охолоджуючої води циркуляційними насосами.

2. Замінити існуючий азбестоцементний зрошувач на сучасний з полімерних матеріалів, що може забезпечити необхідну охолоджуючу ефективність градирні.

3. Передбачити заміну робочих азбестоцементних труб системи водорозділення градирні на сталеві. Рекомендована висота установки розподільних труб над верхом зрошувача — не менше 0,5 м. Допустима швидкість води в розподільних трубах — 2 м/с.

4. Передбачити можливість зниження позначки установки системи водорозподілення градирень при умові установки зрошувача меншої висоти, ніж в існуючих градирнях.

5. Передбачити установку розбризкуючих сопел ударного типу з перфорованими відбивачами і верхнім напрямком вихідних отворів. Робочий номінальний напір води перед соплами повинен становити 1,6—1,8 м. Конструкція сопла повинна забезпечувати рівномірний розподіл води по площі зрошувача.

6. Передбачити установку кінцевих промивних сопел на робочих трубопроводах системи водорозділення, які виключають засмічення кінцевих ділянок трубопроводів і забезпечать дренаж води з низ на час зупинки градирні.

7. Передбачити заміну зруйнованого дерев'яного водоуловлювача на полімерний, який може опиратися на існуючу балочну клітку без додаткових опор. Величина краплинного виносу повинна складати не більше 0,01% від витрати води на градирню.

8. Передбачити захисне (гідрофобне) покриття внутрішньої поверхні оболонки витяжної башти градирні на рівні від початку оболонки башти до позначки установки водоуловлювача.

9. Виконати відновлення (санацію) пошкоджених ділянок оболонки витяжної башти градирні. При необхідності виконати захисне (гідрофобне) покриття внутрішньої поверхні оболонки витяжної башти.

10. Передбачити заходи проти обмерзання конструкцій водоохолоджуючого пристрою градирень:

- ремонт або заміна поворотних щитів повітрянаправляючого козирка тамбуру проти обледеніння;

- установку по периметру витяжної башти на позначці верху повітровхідних вікон (під зрошувачем) кільцевого трубопроводу теплої води з розбризкуючими соплами та арматурою.

11. Пропускна здатність кільцевого трубопроводу повинна забезпечувати 25% номінальної витрати води на градирню.

12. Передбачити установку нахилених решіток на водовипускних головках водозбірних басейнів градирень. Виконати ремонт або заміну вітрових перегородок.

13. Передбачити подачу теплої води у водозбірний басейн градирні для його обігріву при відключенні градирні зимою. Витрата води в басейн повинна складати близько 10,0 тис. м<sup>3</sup>/год.

Модернізація градирні (рис. 1) передбачає кілька етапів:

- відновлення будівельної конструкції градирні з усуненням усіх наявних дефектів;

- заміна азбестоцементного зрошувача на полімерний з розрахунком аеродинамічних опорів;

- відновлення гідравлічної системи зрошення;

- заміна дерев'яного водоуловлювача на полімерний;

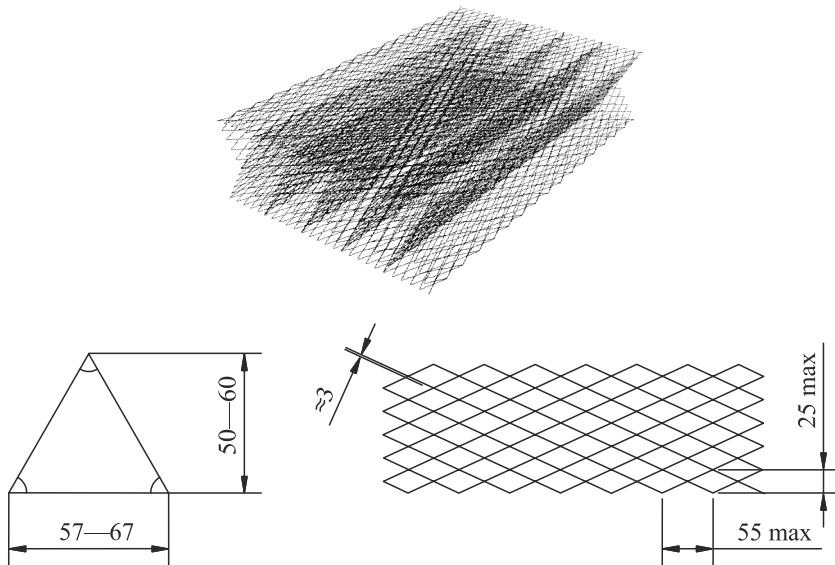
- розробка заходів захисту градирні в зимовий період;
- хімічна обробка води на підживлення;

З аналізу літературних джерел [1] та проведеного аналітичного дослідження було обрано і запропоновано до установки полімерний зрошувач типу ПР-50 фірми «БРОТЕП ЕКО» [2].

Вибір зрошувача типу ПР-50 є необхідним рішенням для застосування в енергетичній, хімічній, металургійній та харчовій промисловості, де якість води низька. Він підходить для охолодження води з більш високим вмістом суспензій, мастил і високим потенціалом для збільшення об'єму виробництва.

Пакети зрошувача ПР-50 складаються з штампованих поліетиленових трикутних призм, з'єднаних сіткою з арматурою або термоплавкими поліетиленовими дротами для формування блоків. Конструктивні особливості трикутної призми зрошувача забезпечують рівномірний потік води та сприяють підвищенню теплової ефективності його.

Конструкція зрошувача ПР-50 і його характеристика представлені на рис. 2 і в табл. 1.



**Рис. 2. Конструкція полімерного зрошувача ПР-50**

*Таблиця 1. Характеристика зрошувача ПР-50*

| Параметр                       | Одиниця виміру                 | Величина                |
|--------------------------------|--------------------------------|-------------------------|
| Тип                            |                                | ПР-50                   |
| Матеріал                       |                                | ПНД                     |
| Конкретна площа поверхні       | м <sup>2</sup> /м <sup>3</sup> | 60 (80)                 |
| Трикутна висота призми         | мм                             | 50                      |
| Довжина упаковки               | мм                             | 1000 (1200; 1500; 2000) |
| Ширина упаковки                | мм                             | 450 (500)               |
| Висота упаковки                | мм                             | 440 (50; 110; 160)      |
| Макс. температура застосування | °С                             | 80                      |
| Вага                           | кг/м <sup>3</sup>              | 34                      |

Запропонована модернізація повинна забезпечити покращення охолоджувальної здатності градирні. У результаті модернізації відновлюються опорна колонада, залізобетонний каркас, зовнішня поверхня вежі; замінюються зрошувач, водоуловлювач, водорозподільний пристрій градирні; змонтована система зимового обігріву.

Зрошувач градирні являє собою блоки, виготовлені з поліпропіленової фольги, які укладаються у два яруси — нижній висотою 0,6 м і верхній висотою 0,3 м. Для запобігання механічним ушкодженням фольги від ударної дії падаючих крапель води на зрошувач покладена захисна сітка хвилястого профілю. Водоуловлювач градирні запропоновано змонтувати з блоків, які збираються з профілів у вигляді на півхвилі довжиною 2400 мм і висотою фіксаторів 175 мм.

Матеріал зрошувача й водоуловлювача — поліпропілен, захищений від дії ультрафіолетових променів. Магістральні трубопроводи розподілу — зі сталевих труб  $\varnothing 820 \times 7$  мм, робочі розподільчі трубопроводи — сталеві  $\varnothing 194 \times 6$  мм, обладнані водорозбризкуючими соплами ударного типу з перфорованим відбивачем і верхнім напрямком вихідного отвору ( $\varnothing 22$  мм).

Для запобігання обледенінню повітровхідних вікон взимку та зменшення повітряного потоку передбачається монтаж лінії зимового обігріву, що являє собою кільцевий трубопровід  $\varnothing 426 \times 7$  мм, розташований на верхній грані повітрозабірної пристрою. У кільцевому трубопроводі виконані отвори діаметром 22 мм із кроком 210—225 мм, які спрямовані таким чином, що тепла вода, яка випливає, розбризкується вниз у повітрозабірний пристрій, створюючи по периметру вежі водяну завісу. Кільцевий трубопровід розділяється на два сегменти, кожний по  $180^\circ$ , оснащені арматурою з електричним приводом.

Для промивання трубопроводу зимового обігріву на його тупикових ділянках передбачені дренажні лінії  $\varnothing 100$  мм із арматурою (усього 8 шт.).

На торцях трубопроводів водорозподілу передбачені зйомні заглушки для можливості промивання й очищення їх.

**Результати і обговорення.** В табл. 2 наведені дані щодо технічної характеристики градирні і представлені деякі результати до і після модернізації її за запропонованим варіантом.

*Таблиця 2. Технічна характеристика градирні та деякі результати до і після її модернізації*

| Параметр                    | Од. виміру                            | До модернізації | Після модернізації |
|-----------------------------|---------------------------------------|-----------------|--------------------|
| 1                           | 2                                     | 3               | 4                  |
| Продуктивність              | м <sup>3</sup> /год                   | $28 \cdot 10^3$ | $28 \cdot 10^3$    |
| Густина зрошення            | м <sup>3</sup> /(м <sup>2</sup> ·год) | 8,75            | 8,75               |
| Температурний перепад       | °С                                    | 10              | 12,5               |
| Теплове навантаження        | Гкал/год                              | 280             | 350                |
| Питоме теплове навантаження | Мкал/(м <sup>2</sup> ·год)            | 87,5            | 109,38             |
| Величина крапельного виносу | %                                     | 0,02            | 0,01               |

*Продовження табл. 2*

| 1                                   | 2                  | 3    | 4    |
|-------------------------------------|--------------------|------|------|
| Глибина води у водозбірному басейні | м                  | 1,75 | 1,75 |
| Висота витяжної башти               | м                  | 82   | 82   |
| Висота повітровхідних вікон         | м                  | 5    | 5    |
| Висота зрошувача                    | м                  | 2,5  | 0,9  |
| Змочувана поверхня                  | тис.м <sup>2</sup> | 440  | 460  |
| Діаметр вхідних трубопроводів       | мм                 | 1600 | 1600 |
| Діаметр отвору розбризкуючи сопел   | мм                 | 24   | 22   |
| Кількість сопел                     | шт.                | 3780 | 4251 |

З наведених у табл. 2 результатів можна зробити висновок, що при теплових навантаженнях градирні в межах від 200 до 350 Гкал/год охолоджувальна ефективність градирні збільшується порівняно з проектною. Застосування полімерних зрошувачів суттєво збільшує теплове навантаження градирні, збільшується термін служби зрошувача і водоуловлювача, що призводить до зменшення витрат на ремонт. Також варто зауважити, що компактні розміри зрошувача зменшують навантаження на опори, вони стають більш стійкі до зовнішніх факторів, піддаються чищенню.

Виконаний нами тепловий розрахунок для модернізованої градирні із застосуванням зрошувача ПР-50 фірми «БРОТЕП-ЕКО», який при висоті його 1 метр забезпечує зменшення температури циркуляційної води до 12,67°C, що на 3,67°C більше від нормативної величини для азбестоцементного зрошувача. Втрати води при її охолодженні (випаровуванні) складають 2,7% від розрахункової (проектної) витрати води на градирню. Встановлення водоуловлювача ВС-150 фірми «БРОТЕП-ЕКО» дає змогу зменшити краплинний виніс води до 0,001% від загальної витрати циркуляційної води на градирню. Для забезпечення умовно постійного хімічного стану циркуляційної води було розраховано витрату води на продувку з нижніх точок аванкамер (для видалення солей, які залишилися при випаровуванні), яка склала 0,9% від загальної витрати технічної води на градирню.

Окрім теплового, виконано аеродинамічний розрахунок для визначення аеродинамічних коефіцієнтів опору зрошувача, опору входу в градирню, опору водорозподільчого пристрою, опору водоуловлювача, опору дощу, загального опору, повного аеродинамічного опору градирні, а також сили тяги в ній. На підставі аеродинамічного розрахунку була отримана кількісна характеристика витрати повітря, яке проходить через градирню та його відносну витрату.

Метою проведення техніко-економічного розрахунку було визначення доцільності модернізації градирні. Так, за її результатами можна зробити висновок, що розрахований чистий приведений дохід — величина позитивна і складає 30,04 млн грн. Це означає, що віддача від модернізації градирні на 30,04 млн грн перевищує перекриття інвестиційних вкладень, що становлять з урахуванням податку на додану вартість 126,53 млн грн.

Індекс дохідності складає 1,24. Це означає, що віддача від впровадження проекту модернізації в 1,24 раза перевищує інвестиційні вкладання. Інакше кажучи, з однієї гривні вкладань передбачається отримувати 1,24 гривні віддачі.



Реальний (дисконтований) період повернення інвестицій знаходиться в межах життєвого циклу проекту і складає 4,04 року.

Порівняння розрахованих показників з нормативними значеннями та їх аналіз дає змогу зробити висновок про доцільність модернізації градині за запропонованим нами варіантом.

### **Висновки**

1. Запропонований варіант модернізації градині ТЕЦ суттєво підвищує енергоефективність цього основного елемента системи технічного водопостачання.

2. Практичне значення отриманих результатів дослідження роботи модернізованої градині полягає у можливості впровадження цього проекту в системах технічного водопостачання теплових електростанцій блочного типу.

### **Література**

1. Пономаренко В.С. О реконструкции вентиляторных градирен // Химическая промышленность. Москва : — 1996. — № 7. — С. 45—52.

2. Пономаренко В.С. Градини промислових і енергетических підприємств / В.С. Пономаренко, Ю.И. Арефьев // Справочное пособие. Москва : Энергоатомиздат. — 1998. — 248с.

3. Расчеты вентиляторных градирен. Методические указания для курсового и дипломного проектирования для студентов специальности 144 «Теплоэнергетика» всех форм обучения / А.Р. Переселков, О.В. Круглякова. — Харьков : НТУ «ХПИ». — 2016. — 56 с.

4. Арефьев Ю.И. Пластмассовые водоуловители градирен / Ю.И. Арефьев, В.С. Пономаренко // Водоснабжение и санитарная техника. — 2004. — № 10. — С. 8—15.

5. Технические указания по расчету и проектированию башенных противоточных градирен для тепловых электростанций и промышленных предприятий / СНиП 14—67 Минэнерго СССР. — Москва : «Энергия», 1991. — 58 с.

## DETERMINATION OF FERMENTATIVE YEAST ACTIVITY BY ETHANOL BY REFRACTOMETRIC METHOD

V. Ridkous

National University of Food Technologies

---

**Key words:**

*Fermentative yeast activity*  
*Ethanol*  
*Real extract*  
*Index of light refraction*  
*Refractometry*

---

**Article history:**

Received 06.07.2018  
Received in revised form 18.07.2018  
Accepted 20.08.2018

---

**Corresponding author:**

V. Ridkous  
**E-mail:**  
Ridkous@ukr.net

---

**ABSTRACT**

In order to determine fermentative yeast activity by accumulated ethanol and unfermented real extract the efficiency and simplicity of measuring are the urgent tasks. The paper represents trials of determining of ethanol content and real extract by index of light refraction of fermented wort. Fermentation by chosen yeast of model wort — sucrose solution was carried out. In given starting concentration of sugar in wort (during fermentation) relation between content of accumulated ethanol (that is product of fermentation) and real extract (that is remained unfermented) on index of light refraction is identical described analytically. Previously, in given starting concentration of sugar in wort the relations of index of light refraction from content of accumulated ethanol and unfermented real extract (sucrose) in fermented wort have been analytically calculated for each concrete trial by means of refractometric tables for sucrose and ethanol and meanings of alcohol yield. The indexes of light refraction of fermented wort were measured by refractometric method. Ethanol and real extract content have been determined by previously calculated relations.

Determined indexes of ethanol and real extract were compared to the relevant indexes that were determined by standard methods. The possibility of using of analytical calculations and refractometric measuring for express-method of detecting of ethanol and real extract content in fermented wort during determination of yeast fermentative activity has been proven based on performed research. Average inaccuracies in determination of ethanol content is 0.14 vol.%, and in determination of real extract content is 0.20%.

---

DOI: 10.24263/2225-2924-2018-24-4-20

---

## ВИЗНАЧЕННЯ БРОДИЛЬНОЇ АКТИВНОСТІ ДРІЖДЖІВ ЗА СПИРТОМ РЕФРАКТОМЕТРИЧНИМ МЕТОДОМ

В.В. Рідкоус

Національний університет харчових технологій

*Попередньо для кожного конкретного випадку, при заданій початковій концентрації цукрози в суслі, за рефрактометричними таблицями для цукрози*

й етилового спирту, та значеннями виходу етилового спирту з цукрози, аналітично розраховано залежності значення показника коефіцієнта заломлення світла від вмісту накопиченого етилового спирту і незбродженого дійсного екстракту (цукрози) в зброджуваному суслі. Рефрактометричним методом заміряно показники коефіцієнта заломлення світла зброджуваного суслу і за попередньо розрахованими залежностями визначено в ньому вміст етилового спирту і дійсного екстракту.

Визначені показники етилового спирту і дійсного екстракту порівняно з відповідними показниками, визначеними стандартними методами. На підставі проведених експериментів доведено можливість використання аналітичних розрахунків і рефрактометричних вимірювань для експрес-методу знаходження вмісту етилового спирту і дійсного екстракту у зброджуваному суслі при визначенні бродильної активності дріжджів. Середні похибки при визначенні вмісту етилового спирту становлять 0,14%об., а при визначенні вмісту дійсного екстракту — 0,20%.

**Ключові слова:** бродильна активність дріжджів, етиловий спирт, дійсний екстракт, показник коефіцієнта заломлення світла, рефрактометричний метод.

**Постановка проблеми.** Дріжджі є основною сировиною в технології бродильних, хлібопекарних і кондитерських виробництв. Головним показником якості дріжджів є їхня бродильна активність.

Бродильна активність дріжджів — це спроможність одиниці маси дріжджів за одиницю часу при заданій температурі і рН зброджувати певну масу цукрів до етилового спирту і вуглекислого газу. Різні цукри зброджуються з різною швидкістю. Перш за все зброджуються глюкоза і фруктоза. Повільніше зброджуються мальтоза і цукроза, які попередньо за допомогою ферментів дріжджів гідролізуються до простих цукрів. Залежно від цукру, який у лабораторних умовах використовується в зброджуваному суслі, розрізняють зимазну і мальтазну активність дріжджів.

Зимазна активність дріжджів — це швидкість зброджування дріжджами глюкози чи цукрози.

Мальтазна активність дріжджів — це швидкість зброджування дріжджами мальтози.

Бродильну активність дріжджів визначають такими методами:

- за зменшенням маси проби після бродіння за рахунок втрати вуглекислого газу, що є критерієм сили бродіння;
- за об'ємом виділеного вуглекислого газу;
- за кількістю накопиченого етилового спирту;
- за кількістю незбродженого екстракту (цукру), що залишився.

Широко розповсюджене визначення бродильної активності дріжджів за об'ємом виділеного вуглекислого газу здійснюється на різноманітних конструкціях лабораторних установок — зимографх. Але всі вони мають головний недолік — визначення відбувається на стадії пристосування дріжджів (лаг-фаза) до середовища бродіння, а результати мають більше порівняльний характер, ніж відображають реальну картину динаміки бродіння. І хоча всі відомі способи

визначення бродильної активності не можуть дати повної і точної уяви про інтенсивність процесу бродіння, який відбувається в виробничих умовах, заміри показників накопиченого етилового спирту і незброженого дійсного екстракту при зброджуванні заданого суслу в лабораторних умовах дають більш-менш повну уяву про динаміку бродіння. Але визначення вище наведених показників стандартними методами для відстежування динаміки бродіння громіздке, трудомістке і мало придатне навіть в лабораторних умовах.

Для оперативного відстежування динаміки бродіння в лабораторних умовах запропоновано скористатися аналітичним і рефрактометричним методами визначення етилового спирту й дійсного екстракту.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Рефрактометричний аналіз суміші із трьох компонентів ґрунтується на правилі адитивності показників заломлення:

$$n = n_0 + n_1 + n_2 .$$

Коли одним із компонентів суміші є вода (для дистильованої води  $n_D^{20} = 1,33299$ ), то, визначивши концентрацію другої з речовин іншим методом, можна рефрактометрично визначити концентрацію третьої речовини.

Але рефрактометричний аналіз потрійних систем, які складаються із розчинника і двох розчинених речовин, можливий і без попереднього кількісного визначення однієї з них. Для вирішення цього завдання з двома невідомими необхідне визначення другого, крім показника заломлення, параметра, що характеризує склад системи. Доволі часто використовується рефракто-денсиметричний метод, що полягає у вимірюванні показника заломлення і густини розчину. Сутність цього методу: одному показнику заломлення може відповідати нескінченно велика кількість співвідношень двох розчинених речовин. Те ж саме можна сказати і про густину. Але одному показнику заломлення і одній густині (для того ж розчину) відповідає тільки одна концентрація кожного з двох розчинених речовин.

Визначення складу суміші рефракто-денсиметричним методом, зазвичай, відбувається графічно. Для цього готується велика кількість потрійних сумішей точно відомого складу і вимірюються їхні показники заломлення і густини. Потім будується трикутна діаграма з сіткою ізорефракта та ізоденс (лінії однакових показників заломлення і лінії однакової густини). Для визначення складу досліджуваного розчину знаходять точку перетину ізорефракта та ізоденси, що відповідає показнику заломлення і густині суміші. Рефракто-денсиметричний аналіз був запропонований ще в 1843 р. для визначення вмісту спирту й екстрактивних речовин у пиві [1; 2].

Головними недоліками цього методу є громіздкість та велика затрата часу на розробку діаграми (підготовчі роботи), невисока точність результатів аналізу, незручність користування діаграмою та необхідність мати порівняно велику кількість аналізованої суміші для точного визначення густини.

Для рефракто-денсиметричного аналізу потрійної системи цукроза–етиловий спирт–вода можна побудувати діаграму в прямокутній системі координат, що підвищує зручність користування діаграмою, але не усуває вищенаведених недоліків.

Існує спосіб визначення спирту й екстракту у винах методом двох параметрів [3]. Заміри показника заломлення світла і густини вина дають змогу вирахувати об'ємну частку етилового спирту і масову частку загального екстракту. При розрахунку підставляються значення показника заломлення і густини за цукровою шкалою.

В основі методу лежить той факт, що етиловий спирт збільшує показник заломлення світла і зменшує густину вина, тому при збільшенні об'ємної частки спирту збільшується різниця між показами рефрактометра й ареометра. Цукри та інші розчинні речовини збільшують і показник заломлення світла, і густину вина, тому при збільшенні їх масової частки збільшується сума показників рефрактометра й ареометра. З цього випливає, що за різницею показань приладів можна визначити об'ємну частку спирту, а за їх сумою — масову частку екстракту.

Недоліком цього методу є необхідність мати порівняно велику кількість аналізованої суміші для точного визначення густини.

Повідомляється про вимірювання в технологічних потоках і стоках в цукрово-етанольній промисловості з використанням оптоволоконного датчика, що функціонує на принципі відбивання Френеля. Калібровку приладу здійснювали бінарними розчинами цукроза–вода і етанол–вода. Потім аналізували побічні продукти різних стадій виробництва. Абсолютна похибка не перевищувала  $\leq 5\%$  і  $\leq 5\%$ об., відповідно, для цукрози і етанолу. Оптоволоконний датчик забезпечував надійні результати навіть для зразків зі складними композиціями порівняно з чистими розчинами цукрози й етанолу, що робить перспективним його застосування на деяких стадіях виробництва [4].

Для всіх продуктів бродіння, таких як модельні суміші (для визначення бродильної активності дріжджів за динамікою бродіння), квас, пиво, вино, чи спиртова бражка, попередником є сусло. Сусло складається з води і розчинних сухих речовин, які називаються екстрактом. Менша частина екстракту дріжджами не зброджується, залишаючись у суслі в незмінному вигляді. Більша частина екстракту, що являє собою прості цукри (глюкозу, фруктозу), дисахариди (мальтозу, цукрозу), або трисахарид мальтотріозу, зброджується дріжджами до етилового спирту і вуглекислого газу. Вуглекислий газ виділяється з сусла в атмосферу, а етиловий спирт еквівалентно заміщає в суслі зброджені цукри. Тому залежність між вмістом накопиченого етилового спирту (що утворився зі збродженого екстракту) і дійсного екстракту (що залишився незбродженим), від показника коефіцієнта заломлення світла зброджуваного сусла, однозначно описується аналітично.

Дуже часто в лабораторній практиці є необхідність оперативного відстежування динаміки бродіння, наприклад, для визначення бродильної активності дріжджів, яку можна реалізувати вищенаведеним методом.

**Мета дослідження:** визначення вмісту етилового спирту і дійсного екстракту за показником коефіцієнта заломлення світла зброджуваного сусла. Цей параметр вимірюється з високою точністю рефрактометричним методом і має малий час вимірювання, що дає можливість проводити експрес-аналізи.

**Матеріали і методи.** Для досліджень використовували цукор білий за ДСТУ 4623, воду дистильовану за ГОСТ 6709, дріжджі хлібопекарські пресовані за ДСТУ 4812 чи дріжджі сухі інстантні (високоактивні).

Для експериментальної оцінки методу готували сусло з 10% концентрацією цукрози. До сусла додавали дріжджі в кількості 1,0% по сухих речовинах (СР). Сусло зброджували періодичним способом при температурі 30°С. Визначення етилового спирту та дійсного екстракту проводили як за нижчеописаною методикою, так і по ДСТУ 7104.

**Результати і обговорення.** Теоретичний вихід етилового спирту зі 100 кг дисахаридів (цукрози) становить 53,835 кг. При бродінні сусла цукор також витрачається на розмноження і ріст дріжджів (до 1,5%), утворення гліцерину (2,5÷7%), ефірів, альдегідів, вищих спиртів і кислот. Усі ці побічні продукти спиртового бродіння при необхідності можливо буде врахувати за допомогою поправочного коефіцієнта, який буде залежати від накопиченого етилового спирту (тривалості бродіння).

Попередньо, для кожного конкретного випадку, при заданій початковій концентрації цукрози в суслі, за рефрактометричними таблицями для цукрози й етилового спирту (методом інтерполяції та розрахункових формул), і виходу етилового спирту з цукрози — 0,53835 кг/кг, в електронних таблицях Excel розраховували аналітично та зображали графічно залежність показника коефіцієнта заломлення світла від вмісту незбродженої цукрози і накопиченого етилового спирту в зброджуваному суслі.

Таблицю 1 заповнювали таким чином: у стовпчику 1 записували концентрації цукрози (%) з певним кроком від 0 до заданої (в даному випадку 10%). У стовпчику 2 записували взяті з рефрактометричної таблиці для цукрози відповідні показники коефіцієнтів заломлення світла. В стовпчику 3 вираховували концентрацію етилового спирту (%), що утворився від збродження цукрози:  $(10,0 - \text{«значення стовпчика 1»}) \cdot 0,53835$ . У стовпчику 4 вели перерахунок концентрації етилового спирту (з % у %об.) : «значення стовпчика 3»  $\cdot d_4^{20}$  [для даної масової концентрації етилового спирту] : 0,78927 [відносна густина 100% етилового спирту]. В стовпчику 5 записували взяті з рефрактометричної таблиці для етилового спирту відповідні показники коефіцієнтів заломлення світла. В стовпчику 6 вираховували загальний показник заломлення світла суміші: («значення стовпчика 2» + «значення стовпчика 5» – 1,332986. Потім перезаписували значення стовпчиків 6, 1 і 4 (лівої частини таблиці) у стовпчики 7, 8 і 9 (у правій частині таблиці).

Для проведення досліджень використовували рефрактометр Аббе з похибкою вимірювань  $n \pm 0,0002$ .

У подальшому рефрактометром заміряли показник коефіцієнта заломлення світла фільтрату зброджуваного сусла і за стовпчиками 7, 8, і 9 методом інтерполяцій визначали інші показники (табл. 1).

*Таблиця 1. Розрахунки параметрів зброджуваного сусла в електронних таблицях Excel*

| Цукроза |            | Етанол |          |            | Суміш<br>$n_D^{20}$ | Суміш<br>$n_D^{20}$ | Цукроза,<br>% | Етанол,<br>%об. |
|---------|------------|--------|----------|------------|---------------------|---------------------|---------------|-----------------|
| %       | $n_D^{20}$ | %      | % об.    | $n_D^{20}$ |                     |                     |               |                 |
| 1       | 2          | 3      | 4        | 5          | 6                   | 7                   | 8             | 9               |
| 0,0     | 1,332986   | 5,3835 | 6,744065 | 1,336257   | 1,336257            | 1,3363              | 0,00          | 6,74            |

*Продовження табл. 1*

|      |          |         |          |          |          |        |       |      |
|------|----------|---------|----------|----------|----------|--------|-------|------|
| 1    | 2        | 3       | 4        | 5        | 6        | 7      | 8     | 9    |
| 1,0  | 1,334420 | 4,84515 | 6,075048 | 1,335909 | 1,337343 | 1,3373 | 1,00  | 6,08 |
| 2,0  | 1,335864 | 4,3068  | 5,4046   | 1,335520 | 1,338398 | 1,3384 | 2,00  | 5,40 |
| 3,0  | 1,337320 | 3,76845 | 4,7334   | 1,335289 | 1,339623 | 1,3396 | 3,00  | 4,73 |
| 4,0  | 1,338786 | 3,2301  | 4,061525 | 1,334960 | 1,340760 | 1,3408 | 4,00  | 4,06 |
| 5,0  | 1,340264 | 2,69175 | 3,38969  | 1,334611 | 1,341889 | 1,3419 | 5,00  | 3,39 |
| 6,0  | 1,341753 | 2,1534  | 2,71397  | 1,334314 | 1,343081 | 1,3431 | 6,00  | 2,71 |
| 7,0  | 1,343253 | 1,61505 | 2,036462 | 1,334016 | 1,344283 | 1,3443 | 7,00  | 2,04 |
| 8,0  | 1,344765 | 1,0767  | 1,358686 | 1,333647 | 1,345426 | 1,3454 | 8,00  | 1,36 |
| 9,0  | 1,346289 | 0,53835 | 0,679869 | 1,333296 | 1,346599 | 1,3466 | 9,00  | 0,68 |
| 10,0 | 1,347824 | 0       | 0        | 1,332986 | 1,347824 | 1,3478 | 10,00 | 0,00 |

Середні похибки при визначенні вмісту етилового спирту становлять 0,14% об., а при визначенні вмісту дійсного екстракту — 0,20%. Ці значення похибок можна одержати на основі формул похибок і результатів експериментальної перевірки рефрактометричного методу.

У табл. 2 представлені результати дослідження зброджуваного суслу рефрактометричним методом і стандартними методами визначення вмісту етилового спирту і дійсного екстракту [5].

**Таблиця 2. Вміст дійсного екстракту і етилового спирту при збродженні чисто цукровмісного суслу з початковою концентрацією 10 %**

| Тривалість бродіння, год | Етиловий спирт, %об.      |                       | Дійсний екстракт, %       |                        |
|--------------------------|---------------------------|-----------------------|---------------------------|------------------------|
|                          | Рефрактометричним методом | Дистиляційним методом | Рефрактометричним методом | Гравіметричним методом |
| 1                        | 0,3                       | —                     | 9,5                       | —                      |
| 2                        | 0,8                       | —                     | 8,8                       | —                      |
| 3                        | 1,3                       | —                     | 8,1                       | —                      |
| 4                        | 2,0                       | 1,98                  | 7,1                       | 7,09                   |
| 5                        | 2,5                       | —                     | 6,3                       | —                      |
| 6                        | 3,1                       | —                     | 5,4                       | —                      |
| 7                        | 3,7                       | —                     | 4,4                       | —                      |
| 8                        | 4,3                       | 4,34                  | 3,7                       | 3,65                   |
| 9                        | 4,8                       | —                     | 2,9                       | —                      |
| 10                       | 5,1                       | —                     | 2,4                       | —                      |
| 11                       | 5,4                       | —                     | 2,0                       | —                      |
| 12                       | 5,6                       | 5,65                  | 1,7                       | 1,64                   |

### **Висновки**

На підставі проведених експериментів доведена можливість використання аналітичних розрахунків і рефрактометричних вимірювань для експресметоду знаходження вмісту етилового спирту і дійсного екстракту в зброджуваному суслі при визначенні бродильної активності дріжджів. Результати, одержані рефрактометричним методом, в межах точності досліду узгоджуються із результатами, одержаними стандартними методами. Малий час вимірювань, доступна апаратура і нескладна методика вимірювань дають можливість широко використовувати метод у лабораторній практиці.

### Література

1. Фармацевтическая химия. 1. Теоретический материал по темам. / Под ред. акад. РАМН, проф. А.П. Арзамасцева. — Москва, 2004. — 662 с. [Електронний ресурс]. — Режим доступу: [http://pharmchem.nuph.edu.ua/assets/templates/farm/files/%D0%A3%D1%87%D0%B5%D0%B1%D0%BD%D1%8B%D0%B5%20%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%B8%D0%B0%D0%BB%D1%8B/farmkhimia\\_kniga.pdf](http://pharmchem.nuph.edu.ua/assets/templates/farm/files/%D0%A3%D1%87%D0%B5%D0%B1%D0%BD%D1%8B%D0%B5%20%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%B8%D0%B0%D0%BB%D1%8B/farmkhimia_kniga.pdf) (дата звернення: 22.01.2018).
2. Илларионова Е.А. Метод рефрактометрии. Применение в фармацевтическом анализе : учебное пособие / Е.А. Илларионова, И.П. Сыроватский ; ФГБОУ ВО ИГМУ Минздрава России, Кафедра фармацевтической и токсикологической химии. Иркутск : ИГМУ, 2017. — 51 с. [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://docplayer.ru/59480339-Metod-refraktometrii-primenenie-v-farmaceuticheskom-analize.html> (дата звернення: 22.01.2018).
3. Визначення спирту і екстракту у винах методом двох параметрів / І.І. Побережець, В.І. Побережець, І.І. Побережець // Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва. — 2014. — Вип. 86(1). — С. 122—128. [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://www.journal.udau.edu.ua/assets/files/86/agro/ukr/20.pdf> (дата звернення: 22.01.2018).
4. Measurement of sucrose and ethanol concentrations in process streams and effluents of sugarcane bioethanol industry by optical fiber sensor / Eric Fujiwara, Eduardo Ono, Tarcio P. Manfrim, Juliana S. Santos, Carlos K. Suzuki [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://www.spiedigitallibrary.org/conference-proceedings-of-spie/7753/1/Measurement-of-sucrose-and-ethanol-concentrations-in-process-streams-and/10.1117/12.885096.short?SSO=1#-ArticleLink> (дата звернення: 22.01.2018).
5. ДСТУ 7104:2009 Пиво. Методи визначання спирту, дійсного екстракту та розраховування сухих речовин у початковому суслі [Електронний ресурс]. — Режим доступу: [http://document.ua/pivo\\_-metodi-viznachannja-spirtu-diisnogo-ekstraktu-ta-rozra-std3594.html](http://document.ua/pivo_-metodi-viznachannja-spirtu-diisnogo-ekstraktu-ta-rozra-std3594.html) (дата звернення: 22.01.2018).



## OPTIMIZATION OF MAYONNAISE EMULSION RECIPE WITH EGG PROTEIN

T. Nosenko, V. Babenko, V. Bakhmach

*National University of Food Technologies*

O. Kubaychuk

*National Aviation University*

---

**Key words:**

*Optimization of the formulation  
Mayonnaise products  
Refined deodorized oils  
Egg protein  
Stability of the emulsion  
Thermostability*

---

**Article history:**

Received 11.07.2018  
Received in revised form  
02.08.2018  
Accepted 22.08.2018

---

**Corresponding author:**

T. Nosenko  
**E-mail:**  
npnuht@ukr.net

**ABSTRACT**

---

The aim of this work was to optimize the formulation of mayonnaise emulsions with liquid egg protein on the basis of the developed special method for determining their stability. Due to the surface-active properties of liquid egg protein and the absence of cholesterol in its composition, it would be worth to develop recipes of mayonnaise sauces containing liquid oils of different fatty acid composition using liquid egg albumin as an emulsifier.

A special method for stability determination of the mayonnaise emulsions of liquid oils with different fatty acid composition and liquid egg protein was developed, which included centrifugation of mayonnaise emulsion samples in a test tube for 5 minutes at  $3000 \text{ min}^{-1}$  at  $25^\circ\text{C}$ , exposition in a thermostat for 10 minutes at  $55^\circ\text{C}$  and next centrifugation at  $3000 \text{ min}^{-1}$  during 5 minutes. The formulations of mayonnaises with liquid egg protein were optimized using the index of stability, determined by the developed special method.

The obtained mathematical model can be used by technologists for modifications of component content of mayonnaise recipes. The synergy of the action of emulsifiers egg protein and mustard powder in high-fat emulsions, that had been demonstrated as increasing of emulsion stability, was investigated. The organoleptic and physico-chemical parameters of developed mayonnaise products with egg albumin were studied. It has been found that samples had high quality indices and didn't contain cholesterol. Using of proposed recipes and their optimization allows to expand the assortment of mayonnaises and provides consumers by high-quality domestic products. According to the organoleptic and physico-chemical quality parameters, emulsion products with egg albumin, that don't contain cholesterol can be used as a seasoning for salads and various dishes at home and in restaurants.

## ОПТИМІЗАЦІЯ РЕЦЕПТУРИ МАЙОНЕЗНИХ ЕМУЛЬСІЙ З ЯЄЧНИМ БІЛКОМ

Т.Т. Носенко, В.І. Бабенко, В.О. Бахмач

Національний університет харчових технологій

О.О. Кубайчук

Національний авіаційний університет

*З метою оптимізації рецептури майонезних емульсій з використанням рідкого яєчного білка розроблено спеціальний метод визначення їх стійкості. Зважаючи на поверхнево-активні властивості рідкого яєчного білка та відсутність у його складі холестерину, виникає потреба розроблення рецептур майонезних соусів на основі рідких олій різного жирнокислотного складу з використанням рідкого яєчного білка як емульгатора.*

*Розроблено спеціальний метод визначення стійкості емульсії для майонезних емульсій на основі рідких олій різного жирнокислотного складу з рідким яєчним білком, що передбачає центрифугування зразка майонезної емульсії в пробірці протягом 5 хв при  $3000 \text{ хв}^{-1}$  при температурі  $25^\circ\text{C}$  та витримуванні в термостаті 10 хв при  $55^\circ\text{C}$  і подальшим центрифугуванням 5 хв. Оптимізовано рецептуру майонезних продуктів з використанням рідкого яєчного білка за показником стійкості готової емульсії, визначеного за допомогою розробленого спеціального методу.*

*Отримана математична модель може бути використана технологами на виробництві при модифікаціях вмісту компонентів у технології майонезів. Досліджено синергізм дії емульгаторів у високожирних емульсіях: яєчного білка та гірчичного порошку, що проявляється у підвищенні стійкості емульсії. Розроблені майонезні продукти з яєчним білком досліджувалися за органолептичними та фізико-хімічними показниками. Встановлено, що зразки мають високі показники якості, не містять холестерину. Використання запропонованих рецептур та їх оптимізація дає змогу розширити асортимент продукції й забезпечить споживачів якісним вітчизняним продуктом. Розроблені майонези можуть бути використані для безпосереднього вживання в їжу як приправа до салатів і різних страв у домашній кулінарії та підприємствах ресторанного господарства.*

**Ключові слова:** *оптимізація рецептури, майонезні продукти, рафіновані дезодоровані олії, яєчний білок, стійкість емульсії, термостабільність.*

**Постановка проблеми.** В Україні майонези та майонезні соуси, а також салатні соуси виробляють харчові підприємства у широкому асортименті. Соуси добре доповнюють і урізноманітнюють смак різних страв, роблять їх соковитими, підвищують поживні та смакові властивості. Вагома частина соусів на ринку — це емульсійні продукти рослинного походження, тобто без додавання молочних та яйцепродуктів.

До їх складу входять: вода питна, олія соняшникова рафінована дезодорована, крохмаль модифікований, цукор білий, сіль кухонна, кислота оцтова,

стабілізатори (камеді: рожкового дерева, гуару, ксантану), консерванти — солі сорбінової або бензойної кислот, ароматизатори яєчного жовтка та гірчиці, екстракт перцю чорного, кислота лимонна, бета-каротин тощо. Такі соуси відрізняються високими органолептичними властивостями, хоча вони не містять рецептурних компонентів тваринного походження і характеризуються низьким вмістом вуглеводів. У них практично відсутні білки, мають незначний вміст жиру, разом з цим наявні консерванти та різні хімічні ароматизатори.

Проте основна сировина для виробництва майонезів і майонезних соусів (яйцепродукти, молокопродукти, рослинні олії) заслужено відноситься до сировини, що має належну біологічну цінність. Але оскільки деякі вчені вважають, що при вживанні цих продуктів підвищується рівень холестерину в крові, що спричиняє ожиріння та інші хвороби, які скорочують життя людини, то це змушує виробників емульсійних продуктів розробляти рецептури продуктів «без вмісту холестерину», в яких використовують різні стабілізатори, смакові добавки, консерванти, ідентичні натуральним, але отримані шляхом хімічного синтезу. Такі компоненти не тільки знижують біологічну цінність майонезних соусів, але й можуть бути навіть небезпечними для здоров'я людини.

Тому перспективним напрямком при виробництві емульсійних продуктів є пошук і використання вітчизняних натуральних рецептурних інгредієнтів, що підвищують біологічну цінність емульсійного продукту, оптимізація рецептури майонезних емульсій, що забезпечить утворення не тільки необхідної консистенції та високої стійкості емульсії. Для оптимізації цього необхідно було розробити спеціальний метод визначення стійкості емульсії як критерію оптимізації, оскільки цей важливий показник якості майонезних емульсій не завжди можна визначити за стандартною методикою.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** За даними [2, с. 40], рідкий яєчний білок містить 87,9% вологи, 10,6% білка, 0,9% вуглеводів і в ньому практично відсутній жир. Яєчні білки не містять холестерину, а навіть мають в собі речовини, які сприяють зменшенню рівня «поганого» холестерину в крові [3, с. 169]. При цьому білок містить вуглеводи, мінеральні речовини, протеїн і важливі амінокислоти, що організм людини самостійно синтезувати не може; вітаміни групи В, зокрема біотин. Без тваринного білка неможливе живлення й оновлення клітин і тканин організму. Яєчний білок — низькокалорійне джерело повноцінних білків. У 100 г яєчного білка міститься близько 50 ккал і 11 г протеїну, тоді як у молоці, відповідно, 69 ккал і 4 г, в яловичині середньої жирності — 218 ккал і 17 г. Білок на 93,7% засвоюється організмом людини (для риби цей показник — 76%, для яловичини — 73,3%, для квасолі — всього 58%) [3, с. 170].

Білок курячого яйця прийнятий як еталон біологічної цінності для людини завдяки його оптимальному амінокислотному складу і високому рівню засвоюваності. З точки зору хімічного складу яєчні продукти являють собою складну структуру, основою якої є протеїново-фосфоліпідний комплекс, при цьому протеїни є високомолекулярними ПАВ, а фосфоліпіди — низькомолекулярними. У молекулі білка є ділянки з ковалентними (розчинними в олії) та

іонними (розчинними у воді) зв'язками. Прикладами можуть служити амінокислоти, триптофан і фенілаланін у білкової молекулі [3, с. 170].

Білок і жовток яйця мають різний склад протеїнів. Білок складається в основному з білків, в число яких входять овоальбумін, овокональбумін, овоглобулін, лізоцим тощо. Ці протеїни мають такі функціональні властивості білка для виробництва майонезів [4, с. 29] як розчинність у водній фазі, здатність до диспергування, а також бактерицидну дію (лізоцим).

Зважаючи на поверхнево-активні властивості рідкого яєчного білка та на відсутність у його складі холестерину, виникає необхідність розроблення рецептур майонезних соусів на основі рідких олій різного жирнокислотного складу з використанням рідкого яєчного білка як емульгатора. А для оцінювання стійкості емульсії таких майонезних продуктів необхідно розробити спеціальний метод визначення стійкості емульсії. Один із основних показників якості майонезних продуктів — стійкість емульсії, визначають у відсотках незруйнованої емульсії за об'ємом. За відомою методикою [1, с. 4] визначення стійкості емульсії скляну пробірку заповнюють майонезною емульсією до верхньої поділки 10 мл, розміщують у центрифугу та центрифугують 5 хв зі швидкістю  $1500 \text{ хв}^{-1}$ . Потім пробірку витримують у киплячій воді протягом 3 хв та знову центрифугують протягом 5 хв і розраховують відсоток незруйнованої емульсії.

Ця стандартна методика не може бути використана для майонезних емульсій за розробленими рецептурами з використанням рідкого яєчного білка як емульгатора, оскільки при нагріванні маси в пробірці за температурі кипіння води  $100^{\circ}\text{C}$  яєчний білок денатурується і згорнута маса виштовхується із пробірки, що не дає змоги взагалі визначити показник стійкості емульсії.

**Мета дослідження:** оптимізація рецептури майонезних емульсій на основі рідких олій різного жирнокислотного складу з використанням рідкого яєчного білка як емульгатора за показником стійкості емульсії, визначеним за допомогою розробленого спеціального методу.

**Викладення основних результатів дослідження.** При оптимізації рецептури майонезних емульсій з використанням рідкого яєчного білка як емульгатора та розробленні спеціального методу визначення їх стійкості для їх приготування було використано зразки рідких рослинних олій з різним жирнокислотним складом. Груповий жирнокислотний склад зразків рафінованих дезодорованих олій за даними виробників представлено в табл. 1.

*Таблиця 1. Груповий жирнокислотний склад зразків олій*

| № п/п | Назва                    | Олія рафінована дезодорована |                                     |                  |                                |
|-------|--------------------------|------------------------------|-------------------------------------|------------------|--------------------------------|
|       |                          | соняшников а MIGROS          | соняшникова високоолеїнова BIO COOP | арахісова MIGROS | ріпакова високоолеїнова MIGROS |
| 1     | Насичені кислоти,%       | 11,5                         | 9,2                                 | 20,7             | 6,9                            |
| 2     | Мононенасичені кислоти,% | 27,6                         | 83,9                                | 58,6             | 80,5                           |
| 3     | Поліненасичені кислоти,% | 60,9                         | 6,9                                 | 20,7             | 12,6                           |

У лабораторії кафедри технології жирів і парфумерно-косметичних продуктів НУХТ визначалися основні показники якості зразків рафінованих дезодорованих олій за стандартними методиками.

Показники якості зразків рафінованих дезодорованих олій представлені у табл. 2.

**Таблиця 2. Показники якості зразків рафінованих дезодорованих олій**

| № п/п | Найменування показників          | Олія рафінована дезодорована       |                                     |                                    |                                    |
|-------|----------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
|       |                                  | соняшникова MIGROS                 | соняшникова високоолеїнова BIO COOP | арахісова MIGROS                   | ріпакова високоолеїнова MIGROS     |
| 1     | Прозорість                       | Прозора, без осаду                 | Прозора, без осаду                  | Прозора, без осаду                 | Прозора, без осаду                 |
| 2.    | Смак і запах                     | Смак знеособленої олії, без запаху | Смак знеособленої олії, без запаху  | Смак знеособленої олії, без запаху | Смак знеособленої олії, без запаху |
| 3.    | Колірне число, мг J <sub>2</sub> | 10                                 | 5                                   | 10                                 | 5                                  |
| 4     | Кислотне число, мг КОН/г         | 0,36                               | 0,31                                | 0,29                               | 0,26                               |
| 5     | Перексидне число, ммоль 1/2 О/кг | 4,5                                | 3,4                                 | 3,5                                | 2,6                                |

Згідно з даними, наведеними у табл. 2, зразки за основними показниками якості відповідають вимогам і не перевищують норми показників, встановлені стандартами України для рафінованих дезодорованих олій.

Майонезні емульсії готували на основі зазначених олій за розробленими рецептурами [2, с. 40] в лабораторних умовах за традиційною методикою. За рецептурою зважені смакові добавки (сіль, цукор, готову гостру гірчицю) змішували блендером з водою при температурі 25°C до однорідної маси в хімічному стакані. При постійному перемішуванні вводили рідкий яечний білок, що одержували шляхом сепарування від жовтка курячих яєць однієї партії. Наступну стадію емульгування проводили з охолодженою до +5°C рафінованою дезодорованою олією відповідного зразка, вводячи олію невеликими порціями.

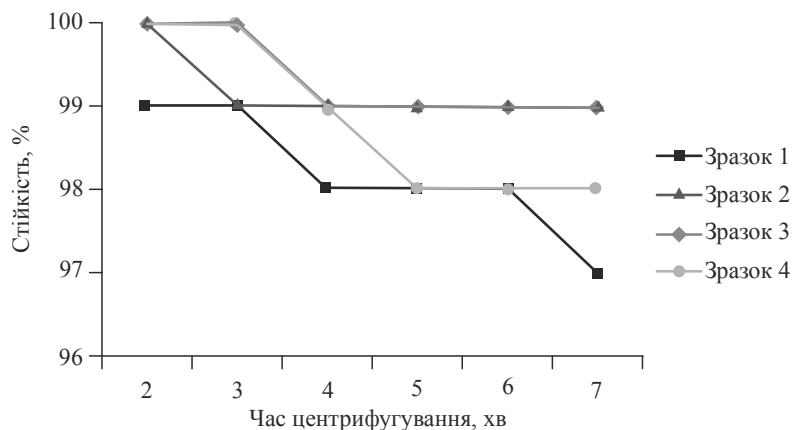
На завершальній стадії змішування майонезної емульсії з кислотою додавали останню по краплях. Потім декілька хвилин проводили завершальне перемішування майонезного соусу.

**Таблиця 3. Рецептури майонезних соусів (у відсотках)**

| № п/п | Назва компоненту   | Зразки майонезних соусів |    |   |   |
|-------|--|--------------------------|----|---|---|
|       |  | 1                        | 2  | 3 | 4 |
| 1     | 2  | 3                        | 4  | 5 | 6 |
| 1     | Рафінована дезодорована соняшникова олія MIGROS                  | 65                       | —  | — | — |
| 2     | Рафінована дезодорована високоолеїнова соняшникова олія BIO COOP | —                        | 65 | — | — |

| 1  | 2   | 3      | 4      | 5      | 6      |
|----|---|--------|--------|--------|--------|
| 3  | Рафінована дезодорована арахісова олія MIGROS               | —      | —      | 65     | —      |
| 4  | Рафінована дезодорована ріпакова високоолеїнова олія MIGROS | —      | —      | —      | 65     |
| 5  | Рідкий яєчний білок   | 4      | 4      | 4      | 4      |
| 6  | Гірчиця готова  | 3      | 3      | 3      | 3      |
| 7  | Цукор-пісок   | 1,5    | 1,5    | 1,5    | 1,5    |
| 8  | Сіль  | 1      | 1      | 1      | 1      |
| 9  | Кислота оцтова (9,0%)                                       | 3,5    | 3,5    | 3,5    | 3,5    |
| 10 | Вода  | до 100 | до 100 | до 100 | до 100 |

У виготовлених зразках майонезних емульсій з рідким яєчним білком та масовою часткою олії 65,0% досліджували зміну стійкості емульсії за умов центрифугування протягом 2—7 хвилин при частоті обертання  $3000 \text{ хв}^{-1}$  за температури  $25^\circ\text{C}$  (рис. 1).



**Рис. 1.** Зміна стійкості емульсії дослідних зразків

За отриманими даними (рис. 1) для розробленої методики визначення стійкості обираємо час центрифугування 5 хв при частоті обертання  $3000 \text{ хв}^{-1}$ .

З літературних джерел відомо, що денатурація білка курячих яєць відбувається на різних температурних рівнях, але починається при температурі  $55^\circ\text{C}$ . Для яєчного білка діапазони температур пастеризації становлять  $56\text{—}58^\circ\text{C}$ . Тому для вивчення термостабільності майонезних емульсій з використанням рідкого яєчного білка обрано температуру  $55\pm 1^\circ\text{C}$ .

На другому етапі було досліджено термостабільність майонезних емульсій з використанням рідкого яєчного білка та масовою часткою олії 65% при температурі  $55\pm 1^\circ\text{C}$  при витримуванні 2—20 хв з попереднім та остаточним центрифугуванням протягом 5 хв при  $3000 \text{ хв}^{-1}$  (рис. 2).

За даними графіка для розробленої методики визначення стійкості емульсії з урахуванням термостабільності приймаємо час витримування 10 хв при  $55\pm 1^\circ\text{C}$  у термостаті.

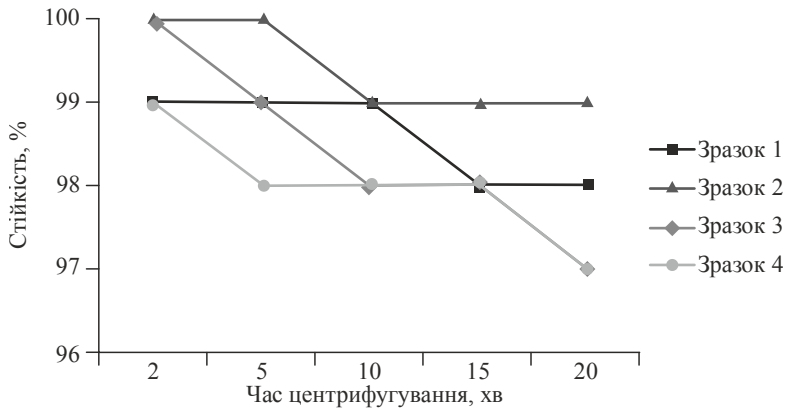


Рис. 2. Зміна стійкості емульсії в зразках майонезних емульсій

Розроблена методика визначення стійкості емульсії (у відсотках незруйнованої емульсії) передбачає попереднє центрифугування зразка майонезної емульсії в скляній пробірці, що заповнюють до верхньої поділки 10 мл, протягом 5 хв при частоті обертання  $3000 \text{ хв}^{-1}$  та витримуванні в термостаті протягом 10 хв при  $55 \pm 1^\circ\text{C}$  з остаточним центрифугуванням протягом 5 хв.

За розробленою методикою за остаточний результат визначення приймають середнє арифметичне результатів двох паралельних визначень. Обчислення проводять до першого десяткового знака з подальшим зведенням результату до цілого числа.

Методом статистичної обробки визначено, що розбіжність між двома паралельними визначеннями за достовірної ймовірності 0,95 не перевищує 2,0% (абс). Межа можливих значень похибки вимірювання за достовірної ймовірності 0,95 складає  $\pm 3,0$  (абс).

Вихідним параметром, за яким регулювали процес, прийнята  $y$  — стійкість емульсії, %, а факторами:  $x_1$  — вміст рафінованої дезодорованої соняшникової олії, %  $x_2$  — вміст емульгатора (рідкий яечний білок), %  $x_3$  — вміст гірчиці, %

Регресійна модель була побудована за допомогою пакета STATISTICA V.7. Перевірено на значущість коефіцієнти моделі ( $p < 0,05$ ), коефіцієнт детермінації  $\kappa = 0,988$  [6]:

$$y = -2,77 + 1,39 \cdot x_1 + 17,22 \cdot x_2 + 1,16 \cdot x_3 - 0,24 \cdot x_1 \cdot x_2.$$

Кількість факторів не дає змогу візуалізувати поверхню відгуку в  $R^3$ . Але за виглядом функції видно, що її мінімум і максимум досягаються на границі області значень експерименту.

Таблиця 4. Рівні варіювання факторів оптимізації

| Найменування рівня | Позначення | Фактори   |           |           |
|--------------------|------------|-----------|-----------|-----------|
|                    |            | $x_1, \%$ | $x_2, \%$ | $x_3, \%$ |
| Верхній            | +          | 68        | 5         | 4         |
| Середній           | 0          | 65        | 4         | 3         |
| Нижній             | -          | 62        | 3         | 2         |
| Крок               | $\Delta$   | 3         | 1         | 1         |

Показник стійкості емульсії (функція відгуку) має бути не менше 97%, тобто має виконуватись умова:

$$97 \leq -2,77 + 1,39 \cdot x_1 + 17,22 \cdot x_2 + 1,16 \cdot x_3 - 0,24 \cdot x_1 \cdot x_2.$$

Остання нерівність, зокрема, еквівалентна такій:

$$x_1 \geq \frac{99,77 - 17,22x_2 - 1,16x_3}{1,39 - 0,24x_2}. \quad (1)$$

Очевидно, нерівність (1) задовольняють тільки ті точки  $\bar{x} = (x_1, x_2, x_3) \in R^3$ , що лежать на поверхні, а також над поверхнею:

$$f(x_2, x_3) = \frac{99,77 - 17,22x_2 - 1,16x_3}{1,39 - 0,24x_2} \text{ в } R^3.$$

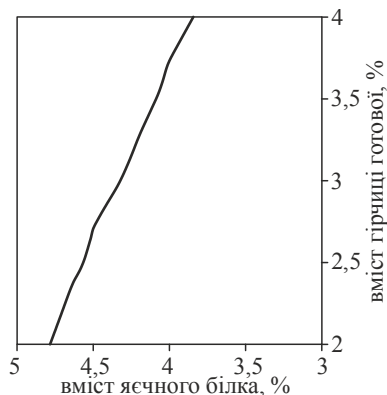
Розв'язуючи рівняння  $\frac{99,77 - 17,22x_2 - 1,16x_3}{1,39 - 0,24x_2} - x_1 = 0$  відносно  $x_2$  при

фіксованих  $x_1$  і  $x_3$ , отримаємо таблицю (табл. 5) залежності граничної кількості білка від кількості олії та гірчиці, що гарантовано забезпечуватиме стійкість емульсії.

*Таблиця 5. Експериментальні дані для побудови поверхні відгуку*

|    | 2    | 2,5  | 3    | 3,5  | 4    |
|----|------|------|------|------|------|
| 62 | 4,82 | 4,57 | 4,33 | 4,07 | 3,82 |
| 63 | 4,7  | 4,43 | 4,15 | 3,87 | 3,6  |
| 64 | 4,56 | 4,25 | 3,94 | 3,63 | 3,32 |
| 65 | 4,38 | 4,02 | 3,66 | 3,31 | 2,95 |
| 66 | 4,14 | 3,71 | 3,3  | 2,88 | 2,46 |
| 67 | 3,79 | 3,28 | 2,77 | 2,26 | 1,75 |
| 68 | 3,25 | 2,61 | 1,96 | 1,32 | 0,67 |

За першим рядком таблиці можна визначити вміст рідкого білка, що забезпечує стійкість емульсії (це є максимум, що досягається на границі — для значення вмісту рослинної олії 62%).



**Рис. 3. Перетин із площиною, вміст олії — 62,0%**



З рис. 3 видно, що стійкість емульсії забезпечується для значень вмісту рідкого яєчного білка у широкому діапазоні [4; 5] з урахуванням похибки та відповідної рецептурної кількості гірчиці та інших рецептурних компонентів, що використовувалися в експерименті.

У майонезних продуктах, що готували за розробленими рецептурами [5, с. 3] на основі олій з різним жирнокислотним складом з використанням рідкого яєчного білка як емульгатора, визначали основні органолептичні та фізико-хімічні показники якості за стандартними методиками, за винятком показника стійкості емульсії, що визначали за розробленим спеціальним методом.

Результати досліджень органолептичних та фізико-хімічних показників майонезних продуктів з використанням рідкого яєчного білка представлені в табл. 6.

*Таблиця 6. Результати досліджень показників майонезів*

| № п/п | Назва показника  | Зразок  |      |      |      |
|-------|--|---|------|------|------|
|       |  | 1   | 2    | 3    | 4    |
| 1     | Консистенція, зовнішній вигляд   | Однорідний сметаноподібний продукт                |      |      |      |
| 2     | Смак і запах   | Притаманий майонезному продукту типу «Провансаль» |      |      |      |
| 3     | Колір  | Біло-кремовий, однорідний                         |      |      |      |
| 4     | Масова частка жиру, %  | 65,5  | 65,5 | 65,5 | 65,5 |
| 5     | Масова частка яєчних продуктів, у тому числі ферментованих, у перерахунку на сухий яєчний жовток, %. | Відсутні  |      |      |      |
| 6     | Масова частка вологи, %  | 30,1  | 30,1 | 30,1 | 30,0 |
| 7     | Кислотність, (% на оцтову кислоту)   | 0,37  | 0,39 | 0,38 | 0,36 |
| 8     | Стійкість емульсії за спеціальною методикою, (% незруйнованої емульсії)                              | 99  | 99   | 98   | 98   |

Із даних табл. 6 можна зробити висновок, що майонези на основі олій різного жирнокислотного складу з рідким яєчним білком мають високі показники якості.

### **Висновки**

1. Оптимізовано рецептуру майонезних продуктів з використанням рідкого яєчного білка за показником стійкості емульсії, що визначають за допомогою розробленого спеціального методу. Досліджено синергізм дії емульгаторів у високожирних емульсіях: яєчного білка та гірничного порошку, що проявляється у підвищенні стійкості емульсії.

2. Розроблено спеціальний метод визначення стійкості емульсії (у відсотках незруйнованої емульсії) для майонезних емульсій на основі рідких олій різного жирнокислотного складу з рідким яєчним білком, що передбачає попереднє центрифугування зразка майонезної емульсії в пробірці протягом 5 хв при  $3000 \text{ хв}^{-1}$  при температурі  $25^\circ\text{C}$  та витримування в термостаті 10 хв при  $55 \pm 1^\circ\text{C}$  з остаточним центрифугуванням 5 хв.

3. Рекомендовано рецептури емульсійних продуктів на основі олій різного жирнокислотного складу з рідким яєчним білком. Показано, що майонезні продукти на основі олій різного жирнокислотного складу з рідким яєчним білком, що не містять холестерину, мають високі показники якості.

### Література

1. ДСТУ 4560:2006 «Майонези. Правила приймання та методи випробування» [Чинний від 2008-01-01]. — Київ : Держспоживстандарт України, 2008. — 16 с. — (Національний стандарт України).

2. *Бабенко В.І.* Технологія майонезів на основі яйце продуктів / В.І. Бабенко, В.О. Бахмач, О.А. Прудиус // Продукты & Ингредиенты. — 2012. — № 1. — С. 40—41.

3. *Бабенко В.І.* Використання натуральних емульгуючих компонентів в технології майонезів / В.І. Бабенко, В.О. Бахмач, І.І. Строй // Перспективи розвитку м'ясної, молочної та олієжирової галузей у контексті євроінтеграції: програма та матеріали VI міжнар. наук.-техн. конф. — Київ, 2015. — С. 169—170.

4. *Бахмач В.О.* Удосконалення технології майонезів з використанням рослинної сировини / В.О. Бахмач, Л.В. Пешук // Харчова промисловість. — 2015. — Вип. 18. — С.27—31.

5. *Бабенко В.І.* Майонезний емульсійний продукт / В.І. Бабенко, В.О. Бахмач, О.В. Поросюк // Патент України на корисну модель № 122188, Держреєстр патентів України на корисні моделі, Бюл. № 24, 26.12.2017.

6. *Міхайленко В.М.* Теорія ймовірностей, ймовірнісні процеси та математична статистика / В.М. Міхайленко, С.А. Теренчук, О.О. Кубайчук // Навчальний посібник. — Київ : 2007. — 163 с.

## MAIN ASPECTS OF USING MULTILAYER POLYMERIC MATERIALS FOR PASTERIZATION AND STERILIZATION OF PRODUCTS IN THE MEAT PROCESSING INDUSTRY

V. Pasichnyi, A. Ukrainets, O. Khrapachov, A. Marynin

*National University of Food Technologies*

---

**Key words:**

*Meat and meat products*  
*Packing materials*  
*Pasteurization*  
*Sterilization*  
*Storage term*  
*Guaranteed quality*  
*Microbiological stability*

---

**Article history:**

Received 23.07.2018  
Received in revised form  
06.08.2018  
Accepted 22.08.2018

---

**Corresponding author:**

V. Pasichnyi  
**E-mail:**  
npnuht@ukr.net

---

**ABSTRACT**

The main purpose of the research is to study the structure of multilayer polymeric materials offered at the domestic and foreign markets for the manufacture of pasteurized and sterilized meat products to improve manufacturing processes and to develop the recommendations for the most relevant structures of polymeric multilayer films (packages) for use when manufacturing this type of product. Research methodology: quantitative and qualitative composition of the experimental multilayer polymer films and packages was checked. Packaged test samples of meat products were investigated by the structural and mechanical characteristics; it has been checked the change of organoleptic parameters before and after repeated heat treatment (pasteurization), water activity, microbiological research, dependence of these indicators on the content of the main raw material in the product.

Results: recommendations about the technology of production of this type of products, packing conditions, choice of packaging materials, and revision of storage periods have been developed.

Conclusions: it is important to review the terms of storage of pasteurized meat products in accordance with the current normative documentation with the purpose of their prolongation or the development of new normative and technological documentation; to select the packaging materials with the best characteristics to ensure a stable storage term of products, resistant to high temperatures, having good mechanical and high barrier properties; to take into account that when exposed to temperatures near 100°C, it is also necessary to use glue for the lamination and inks for printing that are resistant to high temperatures and used to sterilize the product at temperatures above 100°C; for certain types of products, in order to keep the guaranteed good appearance of the product, peeling is required before its packaging and making a repeated heat treatment or manufacture of such a product without shell. This is due to the breaking of the shell in the process of pasteurization or sterilization of the packed product.

The production of pasteurized and sterilized meat products is a promising area in the meat processing industry, which substantiates the relevance of scientific research in this area with the purpose of introducing new high-tech products that will be competitive not only on the Ukrainian but also on the European market.

---

DOI: 10.24263/2225-2924-2018-24-4-22

## ОСНОВНІ АСПЕКТИ ВИКОРИСТАННЯ БАГАТОШАРОВИХ ПОЛІМЕРНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ПАСТЕРИЗАЦІЇ ТА СТЕРИЛІЗАЦІЇ ПРОДУКЦІЇ В М'ЯСОПЕРЕРОБНІЙ ГАЛУЗІ

В.М. Пасічний, А.І. Українець, О.В. Храпачов, А.І. Маринін

*Національний університет харчових технологій*

*Основною метою досліджень є вивчення структур багатошарових полімерних матеріалів, що пропонуються на вітчизняному та зарубіжному ринках для виготовлення пастеризованих і стерилізованих м'ясопродуктів з метою вдосконалення процесів виробництва цих продуктів та розробки рекомендацій щодо найбільш актуальних структур полімерних багатошарових плівок (пакетів) для використання при виготовленні. Був перевірений кількісний та якісний склад дослідних багатошарових полімерних плівок і пакетів. Запаковані тестові зразки м'ясопродуктів були досліджені за структурно-механічними властивостями. Перевірені: зміна органолептичних показників до та після повторної термічної обробки (пастеризації), активність води, мікробіологічні дослідження, залежність показників від вмісту основної сировини в продукті.*

*У результаті розроблені рекомендації щодо технології виробництва цього виду продуктів, умов пакування, вибору пакувальних матеріалів, перегляду термінів зберігання для пастеризованих і стерилізованих м'ясопродуктів, який є перспективним напрямком у м'ясопереробній галузі й обґрунтовує актуальність наукових досліджень цього напрямку не тільки на українському, але й на європейському ринках.*

**Ключові слова:** м'ясо та м'ясопродукти, пакувальні матеріали, пастеризація, стерилізація, термін зберігання, гарантована якість, мікробіологічна стабільність.

**Постановка проблеми.** З відкриттям кордонів для вітчизняних м'ясопродуктів в умовах євроінтеграції стає все більш актуальним збільшення термінів зберігання м'ясопродуктів. Це нерозривно пов'язано з метою запобігання втрат при зберіганні продукції, для збереження якісних характеристик продукту, його захистом від негативного впливу мікроорганізмів при виробництві та зберіганні, та розгалуженим ланцюгом логістики. При цьому актуальним питанням є системне забезпечення якості та безпеки харчової продукції, що обумовлює необхідність впровадження комплексних заходів, спрямованих на підвищення даних показників.

Акцентуючи увагу виробників м'ясопродуктів на актуальності питання, слід зазначити, що його реалізація можлива при вивченні пакувальних полімерних матеріалів; процесів, які відбуваються при виробництві, пакуванні та зберіганні продукції; можливості комбінування систем пакування, виходячи з характеристик, які необхідно надати тому чи іншому продукту.

Важливим фактором, здатним суттєво вплинути на вищезгадані показники, є повторна термічна обробка запакованого продукту у вигляді пастеризації або стерилізації, яка є можливою за умови використання багатошарових полімерних матеріалів з чітко визначеними характеристиками.

Серед широкого спектра багатошарових полімерних матеріалів можна виділити такі, що використовуються для пакування готової продукції під вакуумом або в модифікованому газовому середовищі, проведення заморожування, теплової обробки продукції (запікання, пастеризації, стерилізації тощо), та комбіновані матеріали, які можуть об'єднувати декілька функцій (наприклад, пастеризацію та заморожування). Виготовленням таких матеріалів займаються як зарубіжні компанії, так і професійні вітчизняні виробники, що мають спеціалізацію на виробництві багатошарових пакетів або полімерних плівок, пропонуючи виробникам м'ясопродуктів сучасні інноваційні рішення [1].

Асортимент полімерних матеріалів досить різноманітний, але дуже структурований залежно від заданих характеристик, які і дають змогу отримати якісний кінцевий продукт. З огляду на асортимент м'яких бар'єрних полімерних плівок для упаковки м'ясопродуктів їх можна розподілити за основною базовою структурою: PA/PE, PA/PP/PE, які неодноразово чергуються між собою. PA (поліамід) є бар'єрним шаром (для середнього бар'єру), бере участь у процесі формування нижньої плівки. PP (поліпропілен) впливає на прозорість, глянець і механічні характеристики плівки, може бути зварним шаром (якщо є зовнішнім). PE (поліетилен) служить для наповнення товщини плівки і, якщо є зовнішнім шаром, служить як зварний шар [2; 3]. Зазначені складові полімерних плівок також можуть значно відрізнитись між собою залежно від їх функцій та умов використання самих плівок. Поліетиленова плівка практично водонепроникна, тому при зберіганні в ній продукції майже не відбувається всихання продукту. Характеристики цієї плівки практично не змінюються в температурних межах від  $-50$  до  $+70^{\circ}\text{C}$ , але вона не має бар'єрних властивостей [4; 5]. Наприклад, є марки поліпропілену, які не можна заморожувати задля запобігання розтріскування (розгерметизації) упаковки, але серед його переваг можна відзначити порівняно високі механічні властивості, прозорість, глянець, витривалість до дії високих температур ( $120$ — $130^{\circ}\text{C}$ ), тому і використовується зварний шар для плівок, які призначені для високотемпературної обробки продукту (більше  $100^{\circ}\text{C}$ ). Є марки, які дуже добре переносять як дію низьких, так і вплив високих температур. Комбінування та склад пакувальних матеріалів залежать від умов і технології їх виготовлення та вимог виробників м'ясопродуктів щодо функціональності самих плівок чи пакетів [6].

У складі плівок з високим значенням бар'єрності використовується екологічно нешкідливий EVOH (сополімер етиленвінілового спирту), який піддається переробці та вторинному використанню і на відміну від PVDC не містить хлору і діоксину, що порушують ендокринну систему людини.

Як надійний асептичний бар'єр для бактерій і кисню EVOH сприяє подовженню терміну зберігання виробів у процесі транспортування і при зберіганні. Це, у свою чергу, дає змогу виробнику знизити концентрацію консервантів у харчовому продукті або навіть відмовитись від них [3; 7].

При виборі верхньої плівки для термоформування ліній перевагу надають ламінованому матеріалу, який менш вибагливий до перепадів температур на станції зварювання, має належні оптичні характеристики (прозорість, глянець) та ідеально підходить для нанесення міжшарового друку. Для термічної обробки продукції в упаковці для пастеризації (за температури близько 85°C) або стерилізації (за температури близько 120°C) в складі багатошарових плівок використовують спеціальний клей під ламінацію [8].

При збільшенні терміну зберігання готових м'ясопродуктів використовують додаткову термічну обробку після процесу її пакування: пастеризацію або стерилізацію. Одним з прикладів пастеризованого продукту є ковбаси варені, сосиски, сардельки, в тому числі з м'яса птиці, що виготовляються згідно з чинною в Україні нормативно документацією.

Повторне температурне оброблення продукції відбувається за формулою  $(20 - (20 - 60) - 10)$  хв при 90—95°C. Також виробляють стерилізовані в полімерній упаковці шинки за температури 115°C [8].

**Мета дослідження:** вивчення структур багатошарових полімерних матеріалів, що пропонуються на вітчизняному та зарубіжному ринках для виготовлення м'ясопродуктів з подальшою їх пастеризацією або стерилізацією з метою вдосконалення процесів виробництва цих продуктів та розроблення рекомендацій щодо найбільш актуальних структур полімерних багатошарових плівок (пакетів) для використання при виготовленні даного виду продукції, яка буде конкурентною не тільки на українському, але й на європейському ринку.

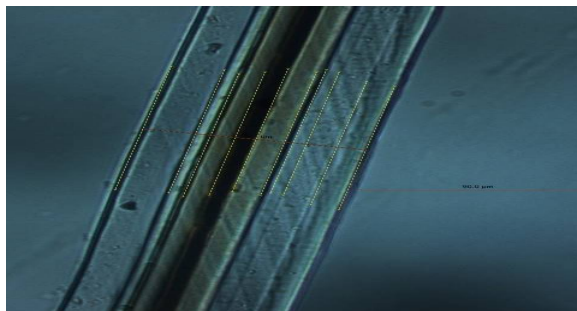
**Матеріали і методи.** Серед зразків полімерних плівок і продукції, що була в них запакована (в тому числі тестових зразків у трьох повторях), були використані декілька варіантів пакування, вироблених в Італії, Польщі, Германії, Ізраїлі, а саме:

- сосиски пастеризовані виробництва Італії з терміном зберігання до трьох місяців при температурі 2—4°C (рис. 1);
- сосиски пастеризовані виробництва Італія, які мають термін зберігання 45 діб за умови зберігання при температурі 2—4°C;
- сосиски виробництва Ізраїль, які мають термін зберігання 45 діб за умови зберігання при температурі 2—4°C;
- тестові зразки сосисок, вироблених в Україні з використанням двох плівок — з нижньою прозорою плівкою і верхньою для нанесення друку (рис. 8).

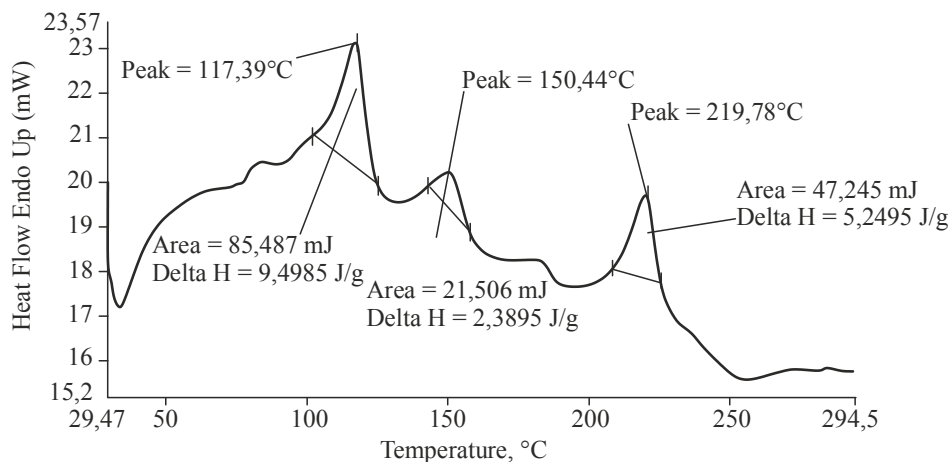


Рис. 1. Упаковка сосисок пастеризованих (Італія)

**Результати і обговорення.** На рис. 2 і 3 представлено досліджені характеристики пакувальних матеріалів виробництва Італії. Упаковка сосисок виробництва Італії складається з двох плівок: нижньої прозорої, з якої сформований лоток для укладання продукту (на рис. 2 зображений її зріз під мікроскопом, на рис. 3 — ДСК-графік її дослідження).



**Рис. 2.** Зріз під мікроскопом багатшарової плівки для пастеризації (Італія)



**Рис. 3.** ДСК-графік багатшарової плівки для пастеризації виробництво (Італія)

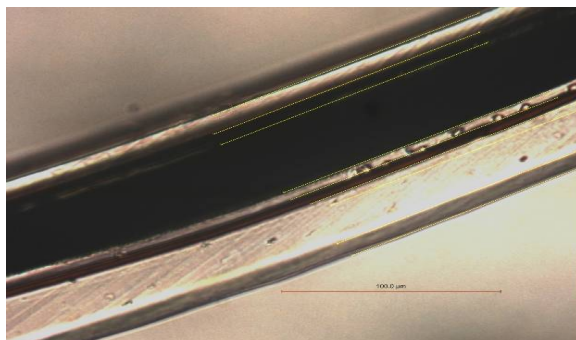
У табл. 1 представлено склад плівки виробництва Італія для зберігання ковбасних виробів до трьох місяців.

*Таблиця 1.* Склад багатшарової плівки для пастеризації виробництва (Італія)

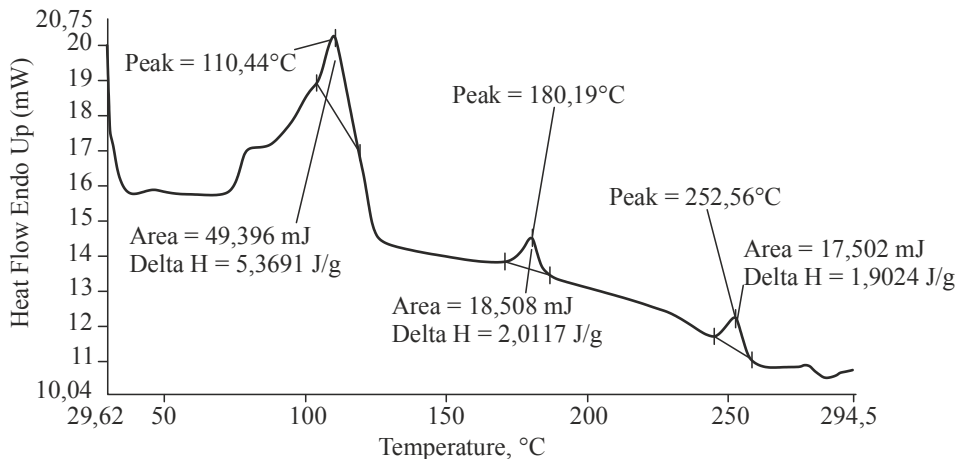
| Назва матеріалу | Густина шару, гр/м <sup>3</sup> | Товщина шару, мкм | Маса шару | Відсоток шару за об'ємом, % | Відсоток шару за масою, % |
|-----------------|---------------------------------|-------------------|-----------|-----------------------------|---------------------------|
| 1               | 2                               | 3                 | 4         | 5                           | 6                         |
| PP              | 0,900                           | 20,61             | 18,55     | 23,57                       | 21,35                     |
| Adhesive layer  | 0,926                           | 6,06              | 5,61      | 6,93                        | 6,46                      |
| PA              | 1,140                           | 9,58              | 10,92     | 10,96                       | 12,57                     |
| EVOH            | 1,170                           | 8,10              | 9,48      | 9,26                        | 10,91                     |
| PA              | 1,140                           | 11,26             | 12,84     | 12,88                       | 14,78                     |
| Adhesive layer  | 0,926                           | 3,26              | 3,02      | 3,73                        | 3,48                      |

|            |       |       |       |        |        |
|------------|-------|-------|-------|--------|--------|
| 1          | 2     | 3     | 4     | 5      | 6      |
| PE         | 0,926 | 5,25  | 4,86  | 6,00   | 5,60   |
| PE         | 0,926 | 11,95 | 11,07 | 13,67  | 12,74  |
| PE зварний | 0,926 | 11,43 | 10,52 | 12,99  | 12,11  |
| РАЗОМ:     | —     | 87,43 | —     | 100,00 | 100,00 |

На рис. 4 представлено зріз під мікроскопом верхньої плівки з міжшаровим друком сосисок пастеризованих виробництва Італія, які мають термін зберігання 45 днів за умови зберігання при температурі 2—4°C. ДСК-графік її дослідження і склад плівки наведено на рис. 5 і в табл. 2.



**Рис. 4.** Зріз під мікроскопом багатшарової плівки для пастеризації з терміном зберігання до 45 днів (Італія)



**Рис. 5.** ДСК-графік багатшарової плівки для пастеризації з терміном зберігання до 45 днів (Італія)

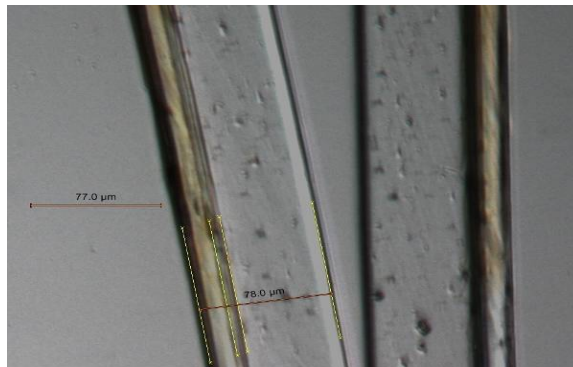
**Таблиця 2.** Склад багатшарової плівки для пастеризації з терміном зберігання до 45 днів (Італія)

| Назва матеріалу | Густина шару, гр/м <sup>3</sup> | Товщина шару, мкм | Маса шару | Відсоток шару за об'ємом, % | Відсоток шару за масою, % |
|-----------------|---------------------------------|-------------------|-----------|-----------------------------|---------------------------|
| 1               | 2                               | 3                 | 4         | 5                           | 6                         |
| BoPET           | 1,390                           | 11,70             | 16,26     | 11,54                       | 16,11                     |

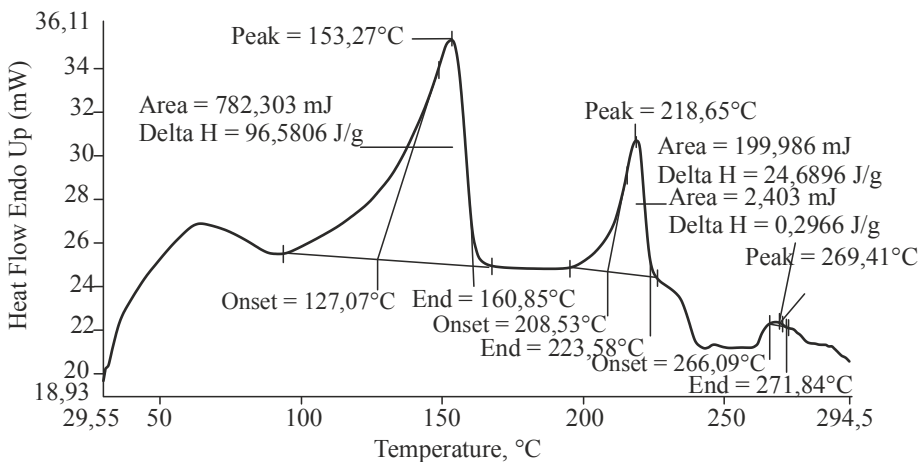


| 1               | 2     | 3      | 4     | 5      | 6      |
|-----------------|-------|--------|-------|--------|--------|
| Міжшаровий друк | —     | —      | —     | —      | —      |
| Glue            | 0,926 | 7,20   | 6,67  | 7,10   | 6,60   |
| PE білий        | 0,926 | 41,07  | 38,03 | 40,49  | 37,67  |
| Adhesive layer  | 0,926 | 4,18   | 3,87  | 4,12   | 3,83   |
| EVOH            | 1,170 | 6,63   | 7,76  | 6,54   | 7,68   |
| Adhesive layer  | 0,926 | 3,81   | 3,53  | 3,76   | 3,49   |
| PE              | 0,926 | 16,50  | 15,28 | 16,27  | 15,13  |
| PE зварний      | 0,926 | 10,33  | 9,57  | 10,19  | 9,47   |
| РАЗОМ:          | —     | 101,42 | —     | 100,00 | 100,00 |

Упаковка сосисок, вироблених в Ізраїлі (термін зберігання 45 діб), являє собою вакуумний пакет, дві сторони якого мають абсолютно ідентичні характеристики (на рис. 6 зображений зріз полотна пакета під мікроскопом, на рис. 7 — ДСК-графік його дослідження, а в табл. 3 наведено його склад).



**Рис. 6.** Зріз під мікроскопом багатошарової плівки (у вигляді пакета) для пастеризації або стерилізації м'ясопродуктів (Ізраїль)



**Рис. 7.** ДСК-графік багатошарової плівки (у вигляді пакета) для пастеризації або стерилізації м'ясопродуктів (Ізраїль)

*Таблиця 3. Склад багат шарової плівки (у вигляді пакета) для пастеризації або стерилізації м'ясопродуктів (Ізраїль)*

| Назва матеріалу        | Густина шару, гр/м <sup>3</sup> | Товщина мкм | Маса шару | Відсоток шару за об'ємом, % | Відсоток шару за масою, % |
|------------------------|---------------------------------|-------------|-----------|-----------------------------|---------------------------|
| РА                     | 1,140                           | 16,51       | 18,82     | 21,08                       | 25,22                     |
| Adhesive layer         | 0,926                           | 6,30        | 5,83      | 8,04                        | 7,82                      |
| PP + вторинна сировина | 0,900                           | 55,51       | 49,96     | 70,88                       | 66,96                     |
| РАЗОМ:                 | —                               | 78,32       | —         | 100,00                      | 100,00                    |

Для визначення раціональних типів пакування були проведені тестові пакування пастеризованих сосисок і сардельок для розроблення продуктів тривалого зберігання.

Упаковка тестових зразків сосисок складалась із двох плівок: нижньої прозорої, з якої сформований лоток для укладання продукту, та верхньої плівки з можливістю нанесення друку.



**Рис. 8. Фото упаковки сосисок, сардельок пастеризованих (тестові зразки)**

У процесі дослідження визначали сенсорні, структурно-механічні характеристики і бар'єрні властивості плівок у рекомендованих термінах зберігання при проведенні повторної пастеризації.

Було визначено, що зразки зарубіжних матеріалів відрізняються за своєю структурою та характеристиками. Найкращими за термінами зберігання виявився зразок, вироблений в Україні, та зразок з терміном зберігання до трьох місяців виробництва Італії, які мали підвищені механічні характеристики, високі бар'єрні властивості полімерних плівок.

Однак ці плівки мають температурні обмеження і непридатні для використання з метою стерилізації продукції. Це пов'язано з наявністю в зварному шарі поліетилену та нетермостійкої фарби і клею для ламінації, які не витримують дію температур вище 95°C.

Зразок плівки виробництва Ізраїль для проведення повторної пастеризації або стерилізації (табл. 3) завдяки наявності у зварному шарі поліпропілену дуже добре витримує дію високих температур, але запакована в ньому продукція мала невеликий (традиційний) термін зберігання через низькі бар'єрні характеристики плівки, з якої був виготовлений пакет.

Як видно з табл. 3, плівка, з якої виготовлений пакет, має у своєму складі поліпропілен з вмістом вторинної сировини, що обумовлено використанням полімерних матеріалів з міркувань зниження собівартості продукції та захисту навколишнього природного середовища. Однак, на нашу думку, зниження собівартості не повинно негативно впливати на якісні показники та безпечність продукції.

Запаковані тестові зразки м'ясопродуктів (рис. 8) були досліджені за структурно-механічними властивостями. Перевірені: зміна органолептичних показників до та після повторної термічної обробки (пастеризації), активність води, мікробіологічні показники, залежність даних показників від вмісту основної сировини в продукті.

Як зазначалось вище, різні виробники багатошарових пакувальних матеріалів (у вигляді пакетів або плівок) використовують різні технології виробництва своєї продукції, розподіл шарів, їх склад, товщину та інші параметри, які слід враховувати при виборі системи пакування, вимог до термінів і умов зберігання.

### **Висновок**

У процесі дослідження пакувальних матеріалів визначено, що при розробленні пакувальних плівок для проведення повторної теплової обробки шляхом пастеризації необхідне використання багатошарових матеріалів з визначеним рівнем граничних температур.

Для виробництва м'ясопродуктів, що виробляються з використанням повторної стерилізації, в складі плівок необхідно використовувати EVOH і термостійкі фарби та клей.

Подальші дослідження будуть направлені на розроблення багатошарових пакувальних плівок для проведення стерилізації з межовими значеннями температур до 140°C для досягнення стерилізаційних ефектів і можливості зберігання продуктів з дотриманням рекомендацій консервного виробництва.

### **Література**

1. *Українець А.І.* Інновації в технології зберігання і пакування харчових продуктів / А.І. Українець, В.М. Пасічний, А.І. Маринін, О.В. Храпачов // *Техніка, енергетика, транспорт АПК.* — Вінниця, 2016. — № 2(94). — С. 41—45.
2. *Храпачев О.В.* Барьерная упаковка — блиц для технолога / О.В. Храпачев // *Спайс.* — 2014. — № 9. — С. 16—17.
3. *Dixon J.* Packaging Materials: 9. Multilayer Packaging for Food and Beverages/ John Dixon. — ILSI Europe Report Series. — Belgium : ILSI, July 2011:1—43.— Bibliogr.: P. 7—12.
4. *Масліков М.М.* Упаковка заморожених продуктів / М.М. Масліков // *Мясное Дело.* — 2006. — № 5. — С. 30—32.
5. *Пасічний В.М.* Дослідження факторів пролонгації термінів зберігання м'ясних і м'ясо-містких продуктів / В.М. Пасічний, А.М. Гередчук, О.О. Мороз, Ю.А. Ястреба // *Наукові праці Національного університету харчових технологій.* — 2015. — Т. 21, № 4. — С. 224—230.
6. *Robertson Gordon L.* Food Packaging: Principles and Practice. 3rd ed / Gordon L. Robertson. — by CRC Press, 2012. — 733 p. — Bibliogr. : P. 20—42.
7. *Мачинская А.* PremiumPack: «Будущее — за экологичной упаковкой!» / Анна Мачинская // *Мир Продуктов.* — 2011. — № 6. — С. 38—39.
8. *Пасічний В.М.* Перспективи використання пакувальних матеріалів для термічної обробки м'яса та м'ясопродуктів / В.М. Пасічний, А.І. Українець, О.В. Храпачов, А.І. Маринін // *Техніка, енергетика, транспорт АПК.* — Вінниця, 2017. — № 2(97) — С. 71—75.

## **NUTRITION AS THE MAIN FACTOR TO PROTECT THE STATE OF HEALTH AND THE LIFE PROVISION OF HUMAN ORGANISM**

**G. Simakhina, N. Naumenko**

*National University of Food Technologies*

---

**Key words:**

*Nutrition  
Health  
Functional foodstuffs  
Gerontology  
Life quality*

**Article history:**

Received 09.07.2018  
Received in revised form  
27.07.2018  
Accepted 15.08.2018

**Corresponding author:**

G. Simakhina  
**E-mail:**  
npnuht@ukr.net

---

**ABSTRACT**

The article gives an analysis of some cardinal problems connected with place and role of healthy nutrition in improving state of health in people of different age and profession. There was mentioned that, for the last years, the tendency to raise the quantity of crucially new foodstuffs destined to prevent various diseases, to increase the immunity, and to lower the risks of intoxications and bad economical effects has been being prevalent.

The authors of the article have consequently proved the requirement, actual for scientists and consumers — to apprehend the new approaches and tendencies in creating the new foodstuffs and to implement them into Ukrainian food industry. These products may be called differently (healthy, functional, or special foods); meanwhile, despite the term, their essence is evident — protection of human organism from malignant environmental factors, improvement of health state, increasing of adaptive potentials, and providing longevity.

The modern world market of food production can be characterized by rapid development of a segment of new foodstuffs destined to regulate functioning of all organs and systems of an organism: innovative food prepared either by new technologies or from novel raw materials (novel food); ready-to-eat food; food with special destinations (functional food); healthy food. Therefore, food industry gets transformed into the important component of human health protection and subsequently occupies its priority place in formation of intellectual potential and social activity of man.

The new generation of foodstuffs corresponds to the requirement of modern nutritiology — particularly, necessity to provide all of the population strata with available healthy (functional) foodstuffs, because state of health is directly dependent on the structure and quality of nutrition.

## **ХАРЧУВАННЯ ЯК ОСНОВНИЙ ЧИННИК ЗБЕРЕЖЕННЯ СТАНУ ЗДОРОВ'Я ТА ЖИТТЄЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОРГАНІЗМУ ЛЮДИНИ**

**Г.О. Сімахіна, Н.В. Науменко**

*Національний університет харчових технологій*

*У статті розглянуто основні проблеми, пов'язані з місцем і роллю здорового харчування у поліпшенні стану здоров'я людей різного віку та професії. Зазначено, що в останні роки на світовому ринку нових технологій і харчових продуктів визначилася тенденція до збільшення кількості якісно нових продуктів, призначених для запобігання різним захворюванням, зміцнення захисних сил організму, зниження ризику впливу токсичних сполук і несприятливих економічних чинників.*

*Автори статті послідовно обґрунтовують актуальну для науковців та споживачів потребу — засвоїти і впровадити в харчову промисловість України нові підходи й нові світові тенденції до створення продуктів, що їх сьогодні називають по-різному (оздоровчими, функціональними, спеціальними). Та, незважаючи на терміни, сутність таких продуктів одна — захист організму людини від несприятливих чинників довкілля, поліпшення стану здоров'я, підвищення адаптаційних можливостей, подовження тривалості життя.*

*Характерною ознакою сучасного світового ринку харчової продукції є стрімкий розвиток сегментів нових харчових продуктів, призначених для поліпшення функціонування всіх органів та систем організму людини: інноваційних харчових продуктів, виготовлених за новітніми технологіями або з нової сировини (novel food); готових до вживання продуктів (ready-to-eat); продуктів спеціального призначення, або функціональних продуктів (functional food); оздоровчих продуктів (healthy food). Харчова промисловість перетворюється на важливу складову системи охорони здоров'я людини і посідає пріоритетне місце у формуванні її інтелектуального потенціалу та соціальної активності.*

*Нове покоління харчових продуктів відповідає вимогам сучасної нутриціології — необхідності забезпечити всі верстви населення доступними оздоровчими (функціональними) продуктами, оскільки стан здоров'я людини безпосередньо залежить від структури і якості харчування.*

**Ключові слова:** харчування, здоров'я, функціональні продукти, геронтологія, якість життя.

**Постановка проблеми.** Підвищення захворюваності серед населення нерозривно пов'язано з нераціональним харчуванням, адже серед чинників, що формують здоров'я людини, на харчування припадає 40—45% [1]. Сучасне ставлення до харчування — це обґрунтований вибір споживачами тих харчових продуктів, які є корисними для здоров'я і забезпечують організм фізіологічно необхідними компонентами.

Незважаючи на те, що харчові продукти завжди виконували функцію забезпечення людини необхідними макро- та мікронутрієнтами, сьогодні до обігу введено поняття «функціональні харчові продукти», які, завдяки наявності функціональних інгредієнтів, що позитивно впливають на здоров'я людини, здатні заповнити в харчуванні дефіцит відповідних речовин, сприяти нормалізації усіх функцій органів та систем організму людини.

У Міжнародному інституті наук життя (Норвегія) сформульоване робоче визначення функціональних продуктів: харчові продукти відносять до функціональних, якщо вони, крім адекватного харчового ефекту, демонструють сприятливу дію на одну або декілька заданих функцій організму таким чином, щоб стан здоров'я поліпшився і /або знизився ризик захворювання.

Основним призначенням харчових продуктів можна вважати, окрім надходження необхідних нутрієнтів, зміцнення стану здоров'я людини. З'явилося поняття функціональних харчових продуктів в Японії для популярних там продуктів «Tokutci Hohenyu Shokuhin» і означало: харчові продукти, які, поряд з харчовим та фізіологічним значенням, приносять і терапевтичну користь [2; 3].

Фахівці розглядають сьогодні харчові продукти у новій якості — як носії біологічно активних речовин (БАР), що беруть участь у всіх процесах фізіологічної та гормональної регуляції організму людини [4]. Вони є певною мірою (залежно від кількісного та якісного складу БАР) лікувальними, профілактичними, спеціальними тощо. Призначення лікувально-профілактичних та оздоровчих продуктів із підвищеним вмістом БАР полягає у запобіганні чи відновленні метаболічних порушень в організмі під впливом на нього шкідливих чинників довкілля.

У тих екстремальних умовах, у яких нині перебуває переважна частина населення України, харчові продукти, що виробляються вітчизняною промисловістю, повинні: компенсувати дефіцит біологічно активних компонентів, що виникає під впливом несприятливих чинників довкілля; покращувати функціональний стан органів та систем організму; поліпшувати захисні функції імунної системи організму; підвищувати фізичну спроможність, сприяти посиленню адаптаційних резервів організму і психологічної стійкості в екстремальних ситуаціях; прискорювати процеси відновлення метаболічних процесів після підвищених екологічних, фізичних, нервово-емоційних навантажень; покращувати самопочуття.

Сукупність названих властивостей свідчить про можливість істотної перебудови метаболічних процесів в організмі за допомогою спеціально підібраної структури харчування [5].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** На думку М.Г. Холодного, відомого українського ботаніка та мікробіолога, вченого-натураліста ХХ століття, людина перебуває не над Природою, а всередині неї [6]. Вона органічно пов'язана з Природою всім своїм складним еством і діє на неї не ззовні, а зсередини.

Протягом життя організм людини змушений пристосовуватися до умов довкілля та їх змін: нестачі кисню і вологи в повітрі, різких перепадів температури, сильної ультрафіолетової радіації, надзвичайної яскравості денного

світла. Все це супроводжується значними фізичними навантаженнями та великим психологічним напруженням.

Наприклад [7], на висоті через брак кисню знижується слиновиділення, слабшає діяльність всіх травних залоз, жовчоутворення, виділення соку підшлунковою залозою, порушується всмоктування жирів, погіршується перистальтика кишок; висока температура прискорює розвиток вітамінної недостатності, оскільки вітаміни, особливо водорозчинні (В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, В<sub>6</sub>, С і РР), виділяються з організму з потом; а низькі температури провокують збільшення витрат тепла організмом.

Пристосування організму до природних явищ не завжди відбувається швидко і безболісно, а головне, не завжди компенсується негативний вплив природних чинників на людину. Саме тому в екстремальних умовах необхідним є повноцінне збалансоване правильне харчування, що забезпечить надходження до організму харчових речовин, здатних компенсувати негативний вплив чинників навколишнього середовища [8].

Вживання функціональних продуктів гарантує усунення неповноцінності харчування, поповнення організму необхідними компонентами, а також послаблення токсичних впливів елементів, які або присутні в продукті, або утворюються в самому організмі. Функціональні продукти входять до раціону населення у всьому світі. Деякі країни Європи виділяють державну дотацію на збагачення харчових продуктів різними дієтичними добавками.

Отже споживання функціональних продуктів можна вважати одним із найбільш діючих і економічно обґрунтованих шляхів корекції наявного дефіциту необхідних речовин в екстремальних умовах життєдіяльності. Тому **метою цього дослідження** є узагальнення та систематизація сучасних даних щодо органічного, багатогранного і безпосереднього зв'язку харчування та стану здоров'я людини.

**Матеріали і методи.** У статті здійснено аналіз літературних джерел вітчизняних та зарубіжних учених, сформульовано власні умовиводи з розроблення оздоровчих продуктів. Сформульовано концепцію здорового харчування.

**Викладення основних результатів дослідження.** Створення нового покоління харчових продуктів і введення їх до раціону споживачів є істотною видозміною структури харчування, що традиційно склалась для кожного народу. Тобто, з одного боку, необхідність виробництва інноваційних харчових продуктів є реальною потребою сучасності, а з іншого — воно вимагає подолання певних стереотипів у харчових уподобаннях, більш високого рівня культури харчування і адаптації організму людини до нових харчових продуктів та інгредієнтів.

Тому конструювання, виробництво та споживання нових харчових продуктів може здійснюватись лише на підставі науково обґрунтованих і перевірених практикою медико-біологічних принципів, нових технологій перероблення сільськогосподарської та лікарської сировини на оздоровчі продукти і гарантією абсолютної безпеки такої продукції для споживачів.

Для вирішення усіх цих питань потрібно мати ґрунтовні знання, тому що саме в галузі оздоровчих продуктів проводяться найбільш інтенсивні дослідження, саме галузь оздоровчих продуктів зараз розвивається найбільш

швидкими темпами і на світовому ринку саме оздоровчі продукти мають найбільший попит.

При розробленні нових харчових продуктів слід мати на увазі, що людина — це система, що живе у тісній взаємодії з Природою. Незважаючи на істотні особливості створеного нею життєвого середовища, людина продовжує бути невід'ємною частиною космосу, повністю підпорядкованою діючим у ньому законам. Саме в людині жива природа досягла ступеня еволюції, на якому в її існуванні та подальшому розвитку починають набирати панівного значення розум, воля та моральні ідеали. Розум дає людині можливість передбачити наслідки своїх вчинків, а воля — спрямувати їх у напрямі поставленої мети [9].

Найбільш тісним, органічним, багатогранним зв'язком людини з Природою є харчування. Це та основа, на якій ґрунтується вся її творча діяльність, звідки людина бере все необхідне для нормального функціонування і підтримання належного стану здоров'я, для реалізації себе в житті.

Видатний сучасний фізіолог та геронтолог, всесвітньовідомий учений, що розробив теорію та практику антистаріння, академік НАН України В.В. Фролькіс вважав, що геронтологія — не реанімація, не подовження життя будь-якою ціною, в будь-якому стані [10]. Мета геронтології не лише в кількості прожитих років, а й у якості життя, зміст же його — в душевному та фізичному комфорті, у прагненні до високого.

Саме показник якості життя за останні роки одним із основних застосовується в різних країнах при оцінюванні ефективності використання ресурсів охорони здоров'я та благополуччя населення. Група експертів Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ) визначила: *«Якість життя — це спосіб життя в результаті комбінованої дії чинників, що впливають на здоров'я, щастя, включаючи індивідуальне благополуччя в навколишньому фізичному середовищі, задовільну роботу, освіту, соціальний успіх, а також свободу, можливість вільних дій, справедливість і відсутність будь-якого гніту»*. Для визначення стану організму людини академік М.М. Амосов запропонував також показник «кількості здоров'я», вважаючи, що визначення здоров'я лише як комплексу нормальних показників недостатньо: «Науковий підхід до поняття здоров'я повинен бути кількісним» [11].

Несприятлива екологія, забрудненість повітря, води, ґрунтів, а основне, низька біологічна та харчова цінність сучасних харчових продуктів, збіднених на вітаміни і мінеральні солі, вирощених у неприродних умовах з використанням плівкових покриттів, мінеральних добрив і хімічних засобів боротьби з бур'янами та шкідниками, призвели до значного погіршення стану здоров'я людини. Різне зниження рухової активності, численні джерела низькочастотних випромінювань (екрани комп'ютерів та телевізорів), шкідливі звички (паління, алкоголь, наркотики), життєві складності, стреси справляють більш руйнівну дію на організм людини, знижуючи імунітет, порушуючи обмін речовин, викликаючи різні захворювання. Саме ці чинники руйнують людський організм, призводять до передчасної старості та смерті. Вони негативно впливають на роботу мозку, який, складаючи всього 5% від маси тіла, споживає понад 20% кисню, що використовується організмом, 20...30% загального числа калорій та левову частку всієї глюкози, що міститься в крові.



Тому, намагаючись підтримати нормальний стан здоров'я, відновити клітини головного мозку і нервової системи, ми часто шукаємо порятунку в ліках, тим паче що сьогодні їх не бракує. Негативні ефекти й парадоксальні реакції організму на фармакологічні речовини спонукають до пошуку нових засобів відновлення здоров'я і підтримання його на належному рівні.

Двічі лауреат Нобелівської премії, лауреат усіх найпрестижніших світових нагород в галузі хімії, біології, медицини, американець Лайнус Полінг був переконаний, що людина може продовжити своє життя на 25 і навіть на 35 років, якщо вже замолоду споживатиме необхідну кількість різних харчових біологічно активних речовин, передусім вітамінів: «Необхідною умовою хорошого здоров'я є наявність потрібних молекул у потрібній кількості, в потрібному місці людського тіла, в потрібний час» [12].

Тому слід віддати данину мудрості і спостережливості відомого сучасного психолога В. Леві, котрий дуже точно й влучно схарактеризував основні етапи розвитку системи нашого харчування, назвавши цей історичний процес гігантським харчовим експериментом. Отож, за В. Леві, вся історія нашого харчування — це експеримент. Гігантський безперервний експеримент [13]. Розпочатий разом із виникненням людства на землі, близько мільярда років тому, продовжуваний кожним народженим, а тому має усі шанси на вічність. Це нашим продуктам ми зобов'язані фантастичною витривалістю свого організму, здатного нейтралізувати різноманітні отрути, навіть використовувати деякі з них як ліки.

Цей великий харчовий експеримент людства можна розділити на три головні періоди: перший — природний. Експеримент еволюції. Тривав сотні мільйонів років. У результаті було створено людський організм у його нинішньому вигляді; другий — історичний, культуральний. Експеримент цивілізації. Тривав близько кількох тисячоліть. У результаті було створено культуру, зокрема й культуру харчування; третій період розпочався порівняно недавно, хоча передумови його склались у минулі часи. Період свідомий. Експеримент науки, технології і медицини. В результаті його має бути створено таке харчування, яке стане людині і ліками, тобто ідеальне харчування.

Відповідно до цих періодів протягом тисячоліть змінювались уявлення про те, як правильно харчуватись. Разом з цим завжди існувала мрія про ідеальну їжу, котра містила б лише корисні сполуки та сприяла людині у її вдосконаленні (думки про ідеальну їжу можна виявити уже в класичній грецькій міфології). Особливо актуальною ця мрія стала в нашому столітті, коли людина так часто вступає у конфлікт із природою.

Таким чином, спочатку мрія, а потім наукова ідея про ідеальну їжу та ідеальне харчування набирали все більшої популярності з багатьох причин, гуманістичне, соціальне та наукове знання яких очевидне.

Ідея ідеальної їжі та ідеального харчування в цілому ґрунтується на строгих наукових постулатах. В науковій формі її розвинуто на базі класичної теорії, що отримала назву теорії збалансованого харчування, сформованої під впливом робіт визначних учених, починаючи з Лавуазьє і Гельмгольца [1].

Головне положення цієї теорії полягає в тому, що харчування — це процес підтримання та врівноваження молекулярного стану організму, тобто процес поповнення тих витрат, які відбуваються в організмі у зв'язку із основним обміном, витратами енергії при роботі, при рості молодого організму тощо. В результаті перетравлювання і поглинання різних харчових сполук з них вилучаються необхідні компоненти. Співвідношення харчових сполук, що надходять в організм у вигляді певного раціону, має бути добре збалансованим. При цьому існує рівновага між кількістю і спектром речовин, що надходять і витрачаються. За допомогою спеціальних внутрішніх механізмів така рівновага підтримується дуже точно.

На сучасному етапі знань медицини, біології, фізіології поняття про ідеальну їжу трансформувались у цілком реальне харчування, що поряд із необхідними поживними компонентами містить сполуки, які визначають стан здоров'я людини, її імунітет, здатність до адаптації, а також можливість протистояти різноманітним негативним зовнішнім і внутрішнім чинникам.

Саме тому останнім часом все більшої популярності набувають харчові продукти оздоровчого і профілактичного призначення, збагачені вітамінами, незамінними амінокислотами, мікро- та макроелементами, іншими біологічно активними речовинами. Завдяки таким продуктам людина може зберегти своє здоров'я, повністю задовольнити фізіологічні потреби в енергії та харчових сполуках, котрі використовуються організмом для побудови клітин, органів і тканин [14].

Термін «оздоровчі, функціональні харчові продукти» поступово стає зрозумілим та звичним. Ми — сучасники — взагалі полюбаємо слова, які точно відбивають стиль життя: функціональний одяг, функціональні прилади — це зрозуміло, чітко, сучасно. Чому б урешті-решт не застосувати такий підхід і до «хліба насущного»? Спершу японці, потім американці й дещо пізніше — європейці досягли цього висновку: продукти мають бути функціональними, оздоровчими, тобто забезпечувати необхідну умову виживання у нашому нинішньому середовищі. Такою умовою є належний стан здоров'я.

Саме здоров'я (висловлюючись мовою математичних величин) і є власне функція — залежна, змінна величина, яка змінюється відповідно до зміни іншої величини — аргументу, у нашому разі — харчових продуктів [15]. На цьому математичному рівні усе відносно просто: зміни «в часі, в структурі» харчових продуктів (їхнього складу, якості, безпеки) спричинюються до змін (як позитивних, так і негативних) у залежному від них стані здоров'я.

Але є інший, біологічний сенс розуміння поняття «функція», пов'язаний зі специфічною діяльністю живого організму, його органів, тканин і клітин. У цьому розрізі термін «функціональний» нерозривно пов'язаний із фізіологією харчування — розділом нутриціології, який вивчає харчові речовини та компоненти їжі, їхню дію та взаємодію, метаболізм і роль у підтриманні здоров'я або виникненні захворювань. Нехтування цього аспекту виключає створення продукту, який відповідає визначенню «функціональний».

Сьогодні ця категорія продуктів користується найбільшим попитом. За офіційними даними, у 2016 р. 78% американських споживачів зупиняли вибір на збагачених продуктах. Порівняно з 2015 р., їхня кількість зросла на 35%.

Аналіз американського ринку функціональних харчових продуктів у 2001 р. та тенденції його зміни до 2016 р. свідчить про те, що основною групою у структурі функціональних продуктів залишаються напої та продукти на основі зернових. Решта продуктів — готові сніданки, снеки та молочні продукти [16].

Український ринок оздоровчих продуктів поступово заповнюється не лише імпортними, а й вітчизняними продуктами, до числа яких входять кисло-молочні продукти, різноманітні напої, збагачені вітамінами, мінеральними речовинами та розчинними харчовими волокнами. Він також включає хлібо-булочні виробы, готові сніданки, кондитерські виробы. З'явилися вітчизняні жирові продукти покращеного жирно-кислотного складу за рахунок збагачення їх джерелами поліненасичених жирних кислот, вітамінізовані [17].

Результати останніх досліджень нутриціології дали можливість виявити кореляційну залежність між вмістом у продуктах окремих нутрієнтів та станом здоров'я населення. І це дозволило сформуванати новий погляд на їжу як на засіб профілактики та допоміжний засіб при лікуванні багатьох захворювань [18]. На основі цього висновку провідні вчені світу сформулювали концепцію оздоровчого, функціонального харчування, і на нинішньому етапі розвитку суспільства починає розвиватись нова наукова дисципліна — функціональна нутриціологія, або фармаконутриціологія. Безумовно, один із основних напрямів розвитку цієї науки має бути пов'язаним із оздоровчим харчуванням.

З нашої точки зору, концепція оздоровчого харчування — це сукупність поглядів та взаємопов'язаних потоків знань (як нових, так і вже осмислених наукою) щодо єдності усіх різноманітних функцій, які утворюють велику систему *людина—харчування—здоров'я*, і визначають основні напрями, стратегію, тактику створення нових продуктів профілактичної та оздоровчої дії, адекватних потребам людини.

Для створення в Україні індустрії оздоровчого харчування, для забезпечення усіх верств населення, незалежно від їхнього матеріального добробуту, функціональними продуктами, для практичної реалізації концепції оздоровчого харчування доцільно в практичних умовах промислового виробництва керуватись світовим досвідом створення оздоровчих продуктів.

## **Висновки**

Наукові відкриття ХХ—ХХІ століття дали змогу створити атомну енергетику, швидкісні транспортні мережі, нові біологічні, радіаційні, лазерні, фармацевтичні та харчові технології, з'ясувати геном людини і таємниці психіки. Разом з тим, на тлі величезних досягнень виникло багато несподіваних проблем зі здоров'ям людей, пов'язаних із технічним прогресом, екологією, структурою харчування тощо [19].

Сучасний спосіб життя з характерним для нього надлишком у раціоні калорійної їжі, недостатнім вживанням фруктів, овочів, харчових волокон, гіподинамією і стресами призвів до появи нових та різкого зростання відомих захворювань. У їх переліку з'явився термін «хвороби цивілізації»: синдром хронічної втоми, атеросклероз, ожиріння, серцево-судинні, ендокринні, онкологічні та інші захворювання.

Відповідно до основних періодів розвитку людства змінювались уявлення про правильне харчування. Завжди існувала мрія про ідеальну їжу, котра містила б лише корисні сполуки та сприяла людині у її вдосконаленні. На сучасному етапі знань медицини, біології, фізіології поняття про ідеальну їжу трансформувались у цілком реальне харчування — оздоровче, яке, поряд із необхідними поживними компонентами, містить сполуки, що визначають стан здоров'я людини.

На сьогодні незаперечним є одне — розвиток людини (фізичний та психічний), стан її здоров'я і підтримання його на належному рівні неможливі без раціональної взаємодії людини і природи, без уміння людини розумно використати потенційні можливості сільськогосподарської та лікарської сировини та створити на її основі нове покоління продукції — оздоровче харчування.

Знання про здоров'я людство накопичувало протягом тисячоліть. Цей процес продовжується і досі. І можливо, саме сучасний етап розвитку — це час об'єднати, зібрати всі знання про Людину і використати їх на благо ко-еволюції Людини і Природи. І доцільно згадати слова Авіценни: «Той, хто здобуває знання про первозданне, у повній відповідності з Аристотелем здобуває заново нову натуру».

Щоб найбільш ефективно використати найтісніший зв'язок людини і природи, необхідним є розроблення харчових продуктів принципово нового покоління. Для вирішення цієї проблеми потрібно: по-перше, підготувати висококваліфіковані кадри, здатні об'єднати сучасні технологічні процеси з фізіологією і фармакологією харчування для конструювання нових продуктів з високою функціональною активністю; по-друге, створити вітчизняну індустрію здорового харчування, докорінно реконструювавши підприємства харчової промисловості й оснастивши їх потрібною технікою; по-третє, розробити і впровадити економічно вигідні технології виробництва продуктів як масового споживання, так і спеціального призначення.

### Література

1. Гігієна харчування з основами нутриціології: підручник / В.І. Ципріян та ін. — Київ: Здоров'я, 2007. — 565 с.
2. Капрельянц Л.В. Функціональні продукти: монографія / Л.В. Капрельянц, К.Г. Іорганова. — Одеса: Друк, 2003. — 312 с.
3. Капрельянц Л.В. Лікувально-профілактичні властивості харчових продуктів та основи дієтології / Л.В. Капрельянц, А.П. Петросьянц. — Одеса: Друк, 2011. — 260 с.
4. Сімахіна Г.О. Концепція оздоровчого харчування та шляхи її реалізації / Г.О. Сімахіна // Наукові праці Національного університету харчових технологій. — 2010. — № 33. — С. 23—26.
5. Гулий І.С. Основи валеології. Валеологічні аспекти харчування: Підручник / І.С. Гулий, Г.О. Сімахіна, А.І. Українець. — Київ: НУХТ, 2003. — 336 с.
6. Холодний Н.Г. Мысли натуралиста о природе и человеке [Електронний ресурс] / Н.Г. Холодний. — Режим доступу: [www.nffedorov.ru/mbnff/biblio/knigi/antrukos/hol1.htm](http://www.nffedorov.ru/mbnff/biblio/knigi/antrukos/hol1.htm).
7. Личак І.С. Методичні рекомендації щодо організації харчування у туристських походах / І.С. Личак. — Біла Церква, 2010. — 56 с.
8. Тутельян В.А. Микронутриенты в питании здорового и больного человека / В.А. Тутельян, В.Б. Спиричев, Б.П. Суханов, В.А. Кудашева. — Москва: Колос, 2002. — 424 с.

9. *Азимов А.* Путеводитель по науке. От египетских пирамид до космических станций / Айзек Азимов ; пер. с англ. — Москва : ЗАО «Центрполиграф», 2005. — 788 с.
10. *Фролькис В.В.* Долголетие : действительное и возможное / В.В. Фролькис. — Київ : Наукова думка, 1989. — 244 с.
11. *Амосов Н.М.* Энциклопедия Амосова. Алгоритм здоровья. Человек и общество / Н.М. Амосов. — Донецк : Сталкер, 2003. — 464 с.
12. *Полинг Л.* Вся жизнь в борьбе за мир. Диалог / Л. Полинг, Д. Икеда ; пер. с англ. Ю.М. Канцура. — Москва : Издательство МГУ, 2004. — 144 с.
13. *Леви В.Л.* Ошибки здоровья / В.Л. Леви. — Москва : ООО «Торобоан», 2004. — 274 с.
14. *Yetley E.A.* Multivitamin and multimineral dietary supplements : definitions, characterization, bioavailability and drug interactions / E.A. Yetley // Amer J Clin Nutr. — 2007. — Vol. 85, N. 9.— P. 269—276.
15. Студопедія. Стан і перспективи виробництва функціональних харчових продуктів та їх роль у життєдіяльності організму людини [Електронний ресурс]. — Режим доступу : <http://studopedia.org/10-139249.html>.
16. *Полумбрик М.О.* Вуглеводи в харчових продуктах і здоров'я людини / М.О. Полумбрик. — Київ : Академперіодика, 2011. — 487 с.
17. *Шемета О.О.* Функціональне харчування — новий підхід до здорового способу життя / О.О. Шемета, К.М. Дожук // Ліки України. — 2015. — № 1(186). — С. 24—27.
18. *Тутельян В.А.* Наука о питании : прошлое, настоящее, будущее / В.А. Тутельян // Вопр. питания. — 2005. — № 6. — С. 3—6.
19. *Вернадский В.И.* Философские мысли натуралиста / В.И. Вернадский / АН СССР ; сост. : М.С. Бастракова, Н.В. Филиппова, Н.Ф. Овчинников, Ф.Т. Яншина. — Москва : Наука, 1988. — 520 с.

## CHANGING OF THE COLOUR OF CANNED STRAWBERRY DURING THE PROCESS OF STORAGE

I. Zamorska

*Uman national university of horticulture*

---

**Key words:**

*Strawberries  
Canned food  
Colour  
Intensity of the colour  
Shade index*

---

**Article history:**

Received 04.07.2018  
Received in revised form  
25.07.2018  
Accepted 21.08.2018

---

**Corresponding author:**

I. Zamorska  
**E-mail:**  
zil197608@gmail.com

**ABSTRACT**

Berries of strawberry are a valuable raw material for the production of canned food, which quality largely depends on the colour. However, the colour of canned food changes during its storage, which is due to the loss of red pigment because of content reduction of anthocyanins, formation of brown pigments and discoloration from heavy metal contamination.

The purpose of the work was to determine the character of colour changes in canned strawberries during 6, 12 and 18 months of storage. The colour of preserve, jam, stew fruit and natural unbleached strawberry juice by measuring the optical density of the extractor on a photoelectrocolorimeter was studied. The intensity of the colour which characterizes the change in the intensity of light absorption under the wave length which corresponds to the maximum of absorption by natural pigments of fruit and berries and the shade which determines the change in the intensity of light absorption in the wave length area that characterizes accumulation of brown pigments was calculated.

It was found that there was an increase in shade indexes and intensity of colour during strawberries' storage due to enlargement of yellow-brown pigments in products. This process is especially expressed in strawberry juice, and least found in preserve (jam). Anthocyanin pigments were broken faster in canned strawberries of Honey variety, whereas they were more stable in products of Polka variety.

It was found that the duration of storage of canned strawberries correlates with the shade index ( $r = 0.71 \pm 0.05$ ) and with the intensity of coloration of ( $r = 0.56 \pm 0.07$ ). Shade index reflects the most fully the colour change of processing products from strawberry.

It was proved that the storage time should not exceed: natural unbleached strawberry juice more than 6 months, jam and stew fruit more than 12 months, and preserve — 18 months, and storage duration of jam and stew fruit from strawberry berries of Polka variety until 18 months because of high resistance of anthocyanin pigments.

## ЗМІНА КОЛЬОРУ КОНСЕРВІВ З ЯГІД СУНИЦІ ВПРОДОВЖ ЗБЕРІГАННЯ

І.Л. Заморська

Уманський національний університет садівництва

Ягоди суниці садової — цінна сировина для виробництва консервів, якість яких значною мірою залежить від кольору. Проте під час зберігання колір консервів змінюється, що зумовлено втратою червоного пігменту через зменшення вмісту антоціанів, формуванням коричневих пігментів і знебарвленням від забруднення важкими металами.

Мета дослідження полягала в тому, щоб встановити характер змін кольору консервів з ягід суниці протягом 6, 12 і 18 місяців зберігання. Колір варення, джемів, компотів і соку суничного натурального неосвітленого досліджували шляхом вимірювання оптичної густини витяжки на фотоелектроколориметрі. Розраховували інтенсивність забарвлення, що характеризує зміну інтенсивності поглинання світла за довжин хвиль, які відповідають максимумам поглинання природними пігментами плодів та ягід, і відтінок, який визначає зміну інтенсивності поглинання світла в області довжин хвиль, що характеризують накопичення коричневих пігментів.

Виявлено, що під час зберігання консервів із суниці спостерігається підвищення показників відтінку та інтенсивності забарвлення, що зумовлено наростанням жовто-коричневих пігментів у продукції. Найбільше цей процес виражений у соку суничному, а найменше — у варенні. В консервах з ягід суниці сорту Хоней антоціанові пігменти руйнуються швидше, тоді як у продуктах з сорту Полка вони більш стійкі.

Встановлено, що тривалість зберігання консервів з ягід суниці корелює з показником відтінку ( $r = 0,71 \pm 0,05$ ) та з інтенсивністю забарвлення ( $r = 0,56 \pm 0,07$ ). Зміну кольору продуктів переробки з ягід суниці найбільш повно відображає показник відтінку.

Доведено, що тривалість зберігання не повинна перевищувати: соку суничного натурального неосвітленого — 6 міс., джему та компоту — 12 міс., а варення — 18 міс., а тривалість зберігання джему та компоту з ягід суниці сорту Полка — до 18 міс. через високу стійкість антоціанових пігментів.

**Ключові слова:** консерви, суниця, колір, інтенсивність забарвлення, відтінок, зберігання.

**Постановка проблеми.** Ягоди суниці садової — цінна сировина для виробництва компотів, джемів, варення, соків, пюре та інших видів продуктів, що є джерелом біологічно-активних сполук зі значним антиоксидантним потенціалом [1].

Однією з найбільш важливих характеристик якості продуктів переробки з ягід суниці, що впливає на вибір споживачів, є червоний колір [2], який визначається вмістом антоціанів і слугує основним джерелом їхньої антиоксидантної здатності. Проте серйозною проблемою є зміна кольору консервів із суниці, що зумовлено втратою червоного пігменту через зменшення вмісту антоціанів, формуванням коричневих пігментів і знебарвленням від забруднення важкими металами [3].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Антоціани — це дуже нестійкі пігменти, що здатні легко розкладатися під дією різних факторів, а їхня стабільність визначається структурою і концентрацією пігменту, рН, температурою, інтенсивністю освітлення, наявністю копигментів, іонів металів, ферментів, кисню, аскорбінової кислоти, цукру і продуктів їхнього розпаду, двоокису сірки [4; 5]. За даними М. Коржар, V. Pilizota та ін. [3], антоціанові пігменти дуже чутливі до температури, а температурно-часовий режим обробки продукту істотно впливає на їхній вміст. Це відбувається внаслідок гідролізу антоціанів з утворенням більш дрібних фенольних сполук, антоціанідинів і цукру.

Неферментативним шляхом потемніння консервів з ягід суниці є реакція Майяра та карамелізація цукрів. В ягодах суниці наявні амінокислоти та цукри, під час нагрівання реактивна карбонільна група яких вступає в реакцію з нуклеофільною аміногрупою амінокислоти, внаслідок чого утворюються складні молекули, що легко вступають в реакцію з іншими сполуками з утворенням коричневих полімерних пігментів. За термічної обробки продукту відбувається карамелізація цукрів [6].

Проте основною причиною зміни кольору продуктів переробки з ягід суниці під час зберігання є ферментативні реакції потемніння, що зумовлені активністю поліфенолоксидази та, меншою мірою, пероксидази. Для запобігання цьому процесу вказані ферменти слід інактивувати під час термічної обробки продукту [7; 8]. Відомо, що поліфенолоксидаза знаходиться в мембранах тилакоїдів хлоропластів, тоді як фенольні сполуки, в основному, зосереджені у вакуолях, і лише у разі пошкодження тканин та за наявності кисню буде відбуватися реакція окиснення, що призводить до утворення коричневих пігментів, ступінь якого залежить від загальної кількості фенольних сполук та активності ферменту. Активність поліфенолоксидази залежить від температури, а пік активності знаходиться за температури близько 50°C і рН 5,5 [9].

Пероксидаза каталізує фенольні сполуки за наявності перекису водню, однак через вищі рівні кисню проти перекису водню та більшу термолабільність ферменту втрати антоціанів через окиснення пероксидазою незначні [10].

**Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми.** Умови зберігання продуктів переробки з ягід суниці повинні забезпечувати стабільність їхнього кольору. За даними L.F. Amago, M.T. Soares [2], оптимальна температура для зберігання джему з суниці — 4°C. Відомо, що під час зберігання джему з суниці впродовж місяця за температури 25°C вміст антоціанів в них істотно знижується. Втрати антоціанів зростають з підвищенням температури зберігання консервів [5]. Проте в науковій літературі не виявлено достатньої інформації щодо змін кольору консервів з суниці різних помологічних сортів протягом зберігання.

**Мета статті:** встановлення характеру змін кольору консервів з ягід суниці протягом 6, 12 і 18 місяців зберігання шляхом вимірювання оптичної густини витяжки.

**Викладення основних результатів дослідження.** Дослідження проводилося у 2014—2015 рр. з ягодами суниці сортів Дукач, Хоней та Полка. З підготовлених ягід виготовляли компоти, джеми і варення згідно з чинними технологічними інструкціями. Уварювали до вмісту сухих розчинних речовин: варення — 68%, джем — 62%. При виготовленні компотів підготовлені



ягоди суниці заливали цукровим сиропом з концентрацією 68%. Сік суничний натуральний неосвітлений отримували шляхом пресування м'язги. Готову продукцію фасували у скляну тару місткістю 250 см<sup>3</sup>, пастеризували, герметизували та зберігали протягом 6, 12 і 18 міс. за температури +2—4°C, фіксуючи зміни кольору консервів за інтенсивністю забарвлення і відтінком методом поточних визначень з порівнянням візуальної оцінки.

Для оцінки кольору свіжих ягід суниці і консервів вимірювали оптичну густину спиртової витяжки зразків на фотоелектроколометрі КФК-2 і розраховували:  $U$  (інтенсивність забарвлення), що характеризує зміну інтенсивності поглинання світла за довжин хвиль, що відповідають максимумам поглинання природними пігментами плодів, та ягід і  $O$  (відтінок), який визначає зміну інтенсивності поглинання світла в області довжин хвиль, що характеризують накопичення коричневих пігментів (при  $\lambda = (400—460 \text{ нм})$ ). Загальну інтенсивність забарвлення розраховували як суму оптичних густин:  $U = (D_{420} + D_{520})$ . Відтінок — як відношення поглинання при 420 нм до поглинання при 520 нм  $O = D_{420}/D_{520}$ . Повторність дослідів триразова.

Статистичний аналіз виконували за допомогою програми StatSoft STATISTICA 6.1.478 Russian, Enterprise Single User (2007).

Встановлено, що у свіжих ягодах суниці величина оптичної густини спиртової витяжки на різних довжинах хвиль практично не відрізняється (табл. 1). Розрахований показник відтінку у ягід суниці сорту Полка істотно нижчий проти інших, що свідчить про найменший вплив на забарвлення ягід жовто-коричневих пігментів. Натомість інтенсивність забарвлення у ягід суниці сорту Дукат суттєво перевищує дані інших помологічних сортів.

*Таблиця 1. Інтенсивність забарвлення та відтінок свіжих ягід суниці (2014—2015 рр.)*

| Сорт              | Показник                                   |        |          |                           |
|-------------------|--|--------|----------|---------------------------|
|                   | Величина оптичної густини на довжині хвилі |        | Відтінок | Інтенсивність забарвлення |
|                   | 440 нм                                     | 540 нм | $O$      | $U$                       |
| Полка             | 0,070                                      | 0,075  | 0,93     | 0,145                     |
| Хоней             | 0,075                                      | 0,070  | 1,07     | 0,145                     |
| Дукат             | 0,085                                      | 0,080  | 1,06     | 0,165                     |
| НІР <sub>05</sub> | 0,005                                      | 0,005  | 0,01     | 0,01                      |

Дослідження змін інтенсивності забарвлення та відтінку консервів показали, що ці показники мають пряму залежність від тривалості зберігання (табл. 2). Так, після теплової обробки в готових консервах показник відтінку складає: для варення 1,3—1,5, джему — 1,1—1,4, компоту — 1,3—1,5, тоді як у сокові він не перевищив значення 0,8 і був максимально наближеним до аналогічного показника свіжих ягід. У компотах і варенні показник відтінку був дещо вищим проти аналогічних показників джему та значно вищим проти соку, що свідчить про більшу вираженість коричневих пігментів внаслідок теплової обробки.

Інтенсивність забарвлення консервів порівняно зі свіжими ягодами істотно знизилася, за винятком соку. Серед досліджуваних зразків консервів найбільше зниження спостерігалось у варенні, що зумовлено більш тривалою тепловою обробкою цього продукту.

Через шість місяців зберігання встановлено підвищення показника відтінку консервів, що зумовлено наростанням жовто-коричневих пігментів у продукції. Особливо цей процес виражений у соку суничному. Аналогічні дані отримані і при розрахунку інтенсивності забарвлення, який показав збільшення на 0,05 одиниць за рахунок наростання жовто-коричневих пігментів, про що свідчить різке збільшення оптичної густини на довжині хвилі 440 нм. У розрізі помологічних сортів істотної різниці цих показників у різних видах консервів не виявлено.

Таблиця 2. Інтенсивність забарвлення та відтінку продуктів переробки з ягід суниці залежно від тривалості зберігання (2014—2015 рр.)

| Продукт           | Сорт   | Тривалість зберігання                      |       |          |                           |  |        |          |                           |  |       |          |                           |  |        |          |                           |
|-------------------|--------|--|-------|----------|---------------------------|--|--------|----------|---------------------------|--|-------|----------|---------------------------|--|--------|----------|---------------------------|
|                   |        | На початку зберігання                      |       |          |                           | 6 місяців                                  |        |          |                           | 12 місяців                                 |       |          |                           | 18 місяців                                 |        |          |                           |
|                   |        | величина оптичної густини на довжині хвилі |       | відтінок | інтенсивність забарвлення | величина оптичної густини на довжині хвилі |        | відтінок | інтенсивність забарвлення | величина оптичної густини на довжині хвилі |       | відтінок | інтенсивність забарвлення | величина оптичної густини на довжині хвилі |        | відтінок | інтенсивність забарвлення |
| 440 нм            | 540 нм | O  | U     |          |                           | 440 нм                                     | 540 нм |          |                           | O  | U     |          |                           | 440 нм                                     | 540 нм |          |                           |
| Варення           | Полка  | 0,045                                      | 0,035 | 1,3      | 0,080                     | 0,050                                      | 0,035  | 1,4      | 0,085                     | 0,060                                      | 0,040 | 1,5      | 0,100                     | 0,080                                      | 0,045  | 1,77     | 0,12                      |
|                   | Хоней  | 0,045                                      | 0,030 | 1,5      | 0,075                     | 0,045                                      | 0,030  | 1,5      | 0,075                     | 0,070                                      | 0,045 | 1,6      | 0,115                     | 0,115                                      | 0,065  | 1,77     | 0,18                      |
| Джем              | Дукаг  | 0,020                                      | 0,015 | 1,3      | 0,035                     | 0,020                                      | 0,015  | 1,3      | 0,035                     | 0,050                                      | 0,035 | 1,4      | 0,085                     | 0,090                                      | 0,050  | 1,80     | 0,14                      |
|                   | Полка  | 0,070                                      | 0,050 | 1,4      | 0,120                     | 0,070                                      | 0,050  | 1,4      | 0,120                     | 0,090                                      | 0,055 | 1,6      | 0,145                     | 0,110                                      | 0,065  | 1,69     | 0,17                      |
| Компот            | Хоней  | 0,045                                      | 0,035 | 1,3      | 0,080                     | 0,050                                      | 0,035  | 1,4      | 0,085                     | 0,100                                      | 0,050 | 2,0      | 0,150                     | 0,150                                      | 0,075  | 2,00     | 0,22                      |
|                   | Дукаг  | 0,080                                      | 0,070 | 1,1      | 0,150                     | 0,100                                      | 0,070  | 1,4      | 0,170                     | 0,100                                      | 0,070 | 1,4      | 0,170                     | 0,100                                      | 0,050  | 2,00     | 0,15                      |
| Сік               | Полка  | 0,045                                      | 0,035 | 1,3      | 0,080                     | 0,065                                      | 0,035  | 1,8      | 0,100                     | 0,065                                      | 0,040 | 1,6      | 0,105                     | 0,075                                      | 0,045  | 1,60     | 0,12                      |
|                   | Хоней  | 0,050                                      | 0,035 | 1,4      | 0,085                     | 0,060                                      | 0,040  | 1,5      | 0,100                     | 0,090                                      | 0,050 | 1,8      | 0,140                     | 0,110                                      | 0,055  | 2,00     | 0,17                      |
| НІР <sub>05</sub> | Дукаг  | 0,090                                      | 0,060 | 1,5      | 0,110                     | 0,100                                      | 0,060  | 1,6      | 0,160                     | 0,110                                      | 0,060 | 1,8      | 0,170                     | 0,120                                      | 0,060  | 2,00     | 0,18                      |
|                   | Сік    | 0,070                                      | 0,075 | 0,8      | 0,155                     | 0,120                                      | 0,075  | 1,6      | 0,190                     | 0,150                                      | 0,065 | 2,3      | 0,215                     | 0,170                                      | 0,060  | 2,80     | 0,23                      |
| НІР <sub>05</sub> |        | 0,005                                      | 0,02  | 0,07     | 0,005                     | 0,1  | 0,02   | 0,005    | 0,1                       | 0,02                                       | 0,005 | 0,1      | 0,02                      | 0,005                                      | 0,1    | 0,02     |                           |

Зберігання суничних консервів протягом року зумовило наростання величини оптичної густини на довжині хвилі 440 нм на 0,10—0,50 одиниць, натомість на довжині 540 нм вона зросла неістотно, а деяких випадках залишалася без змін. Розрахунок показника відтінку показав його зростання на 0,1—0,6 одиниць залежно від виду продукту і помологічного сорту ягід.

Слід відмітити, що у варенні показник відтінку зріс на 0,1, тоді як у джемах — на 0,2—0,6, у компотах — на 0,2—0,3, а в сокові — на 0,7 одиниць. Інтенсивність забарвлення консервів з суниці зросла на 0,015—0,065 одиниць через істотне зростання величини оптичної густини на довжині хвилі 440 нм. Для соку суничного вказаний показник зріс до рівня 0,215. З огляду на отримані результати, що підтверджені візуально, через наростання жовто-коричневих пігментів у соку тривалість його зберігання слід обмежити до 6 місяців.

Серед досліджуваних зразків істотне наростання показника відтінку та інтенсивності забарвлення спостерігалось у джемах та компотах з ягід сорту Хоней: на 0,6 одиниць показника відтінку та на 0,065 інтенсивності забарвлення для джему і, відповідно, на 0,3 і 0,040 для компоту. Отже, антоціанові пігменти консервів з ягід цього сорту руйнуються швидше.

Розрахунки показників відтінку та інтенсивності забарвлення консервів через 18 місяців зберігання показали зростання їхнього рівня. Це зумовлено активним наростанням жовто-коричневих пігментів у консервах, про що свідчить істотне збільшення величини оптичної густини на довжині хвилі 440 нм, тоді як на довжині хвилі 540 нм воно було несуттєвим.

Між показником відтінку консервів та тривалістю їхнього зберігання встановлено прямий сильний кореляційний зв'язок ( $r = 0,71 \pm 0,05$ ), що описується рівнянням регресії:  $y = -13,40 + 13,950x$ , де  $y$  — тривалість зберігання консервів;  $x$  — відтінок консервів (рис.).

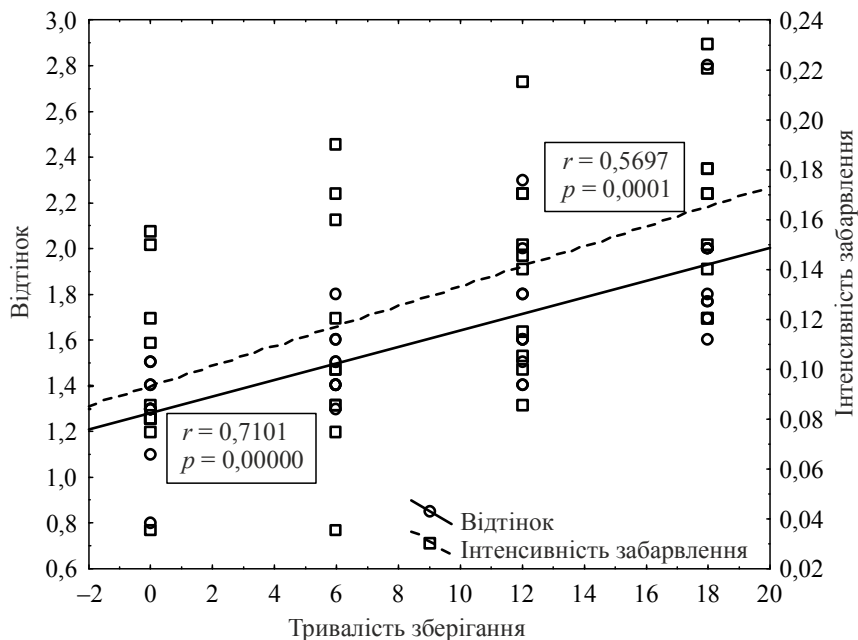


Рис. Кореляційна залежність відтінку та інтенсивності забарвлення консервів з суниці від тривалості їхнього зберігання

Прямий кореляційний зв'язок середньої сили виявлено між показником інтенсивності забарвлення консервів і тривалістю їхнього зберігання ( $r = 0,56 \pm 0,07$ ), що описується рівнянням регресії:  $y = -1,457 + 80,982x$ , де  $y$  — тривалість зберігання консервів;  $x$  — інтенсивність забарвлення.

Отримані результати вказують на значну різницю у розрахованих показниках серед досліджуваних зразків консервів, що підтверджено візуально: у джемах і компотах показник відтінку зріс до рівня 1,6—2,0, а інтенсивності забарвлення до 0,12—0,22, тоді як у варенні, відповідно, до 1,8 та 0,18.

У розрізі помологічних сортів істотне зростання показників відтінку та інтенсивності забарвлення виявлено у джемах і компотах з ягід суниці сортів Хоней та Дукат, тоді як для продуктів з ягід сорту Полка показник відтінку джемів не перевищив значення 1,69, інтенсивності забарвлення — 0,17, а компотів, відповідно, 1,6 та 0,12. Отримані результати свідчать про високу стійкість антоціанових пігментів ягід сорту Полка.

Отже, джеми та компоти з ягід сортів суниці Хоней та Дукат потрібно зберігати не більше одного року, тоді як із ягід сорту Полка тривалість зберігання можна збільшити до 18 місяців. Варення можна зберігати протягом 18 місяців, оскільки наростання жовто-коричневих пігментів відбувається повільно і показники відтінку та інтенсивності забарвлення змінюються неістотно. Очевидно внаслідок більш тривалої теплової обробки варення відбулася повна інактивація ферментів поліфенолоксидази та пероксидази, діяльність яких призводить до ферментативного потемніння продуктів. Окрім цього, цей же фактор зумовлює підвищені втрати аскорбінової кислоти, продукти окиснення якої, як відомо, можуть спричиняти окиснення антоціанів до безбарвних сполук [7; 11].

### Висновки

Результати досліджень свідчать, що зміну кольору консервів з суниці найбільш повно відображає показник відтінку, який характеризує зміну інтенсивності поглинання світла в області довжин хвиль, що характеризують накопичення жовто-коричневих пігментів, утворення яких характерно під час зберігання консервів із суниці. Тривалість зберігання соку із суниці не повинна перевищувати 6, джему та компоту — 12, а варення — 18 місяців. Тривалість зберігання джемів та компотів з ягід суниці сорту Полка можна збільшити до 18 місяців через високу стійкість антоціанових пігментів.

### Література

1. *Galkowska D.* Physicochemical quality of selected strawberry jams with fructose / D. Gałkowska, T. Fortuna, W.P. Zagórska // *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*. — 2010. — № 4(2). — P. 22—24.
2. *Amaro L.F.* Influence of cultivar and storage conditions in anthocyanin content and radical-scavenging activity of strawberry jams / L.F. Amaro, M.T. Soares, C. Pinho, I.F. Almeida, I. M. P. L. V. O. Ferreira, O. Pinho. *World Academy of Science, Engineering and Technology*. — 2012. — Vol. 69.
3. *Kopjar M.* Strawberry jams: influence of different pectins on colour and textural properties / V. Pilizota, N. N. Tiban, D. Subaric, J. Babic, D. Ackar, M. Sajdl // *Czech J Food Sci*. — 2009. — № 27(1). — P. 20—28.
4. *B'kowska-Barczak A.* Acylated anthocyanins as stable, natural food colorants — a review / A. B'kowska-Barczak // *Polish journal of food and nutrition sciences*. — 2005. — Vol. 14/55. — № 2. — P. 107—116.
5. *García-Viguera C.* Color stability of strawberry jam as affected by cultivar and storage temperature / C. García-Viguera, P. Zafrilla, F. Romero, P. Abellán, F. Artés, F.A. Tomás-Barberán // *Journal of Food Science*. — 1999. — № 64(2). — P. 243—247.
6. *Tangen K.O.G.* Quality of fruits and purees of strawberries as affected by genotype, maturity and processing/ K.O.G. Tangen. Ås: UMB. — 2013. — P. 47.
7. *Avasoo M.* Evaluation of thermal processing technologies for strawberry jam/ M. Avasoo, L. Johansson — 2011 [Електронний ресурс]. — Режим доступу : [http://ukkpfd.livs-medelsakademien.se/sites/default/files/media/evaluation\\_of\\_thermal\\_processing\\_technologies\\_for\\_strawberry\\_jam.final\\_.pdf](http://ukkpfd.livs-medelsakademien.se/sites/default/files/media/evaluation_of_thermal_processing_technologies_for_strawberry_jam.final_.pdf).
8. *Garcia E.* Preservative treatments for fresh-cut fruits and vegetables / E. Garcia, D.M. Barrett // *Fresh-cut fruits and vegetables*. — 2002. — P. 267—304.
9. *Kader A.A.* Postharvest technology of horticultural crops / A.A. Kader. University of California Agriculture and Natural Resources. — 2002. — T. 3311.
10. *Tangen K.O.G.* Quality of fruits and purees of strawberry as affected by genotype, maturity and processing / K.O.G. Tangen. Master's thesis, Norwegian University of Life Sciences, Ås. — 2013.
11. *Abers J.E.* Causative factors of color deterioration in strawberry preserves during processing and storage / J.E. Abers (Doctoral dissertation). — 1977.

## OPTIMIZATION OF THE RECIPE COMPOSITION OF JELLY MARMALADE WITH REDUCED CONTENT OF SUGAR

D. Matias, J. Kambulova, A. Dorokhovich, I. Mandzyuk

*National University of Food Technologies*

---

**Key words:**

*Marmalade*  
*Sucrose*  
*Glucose*  
*Fructose*  
*Optimization*  
*Recipe*  
*Energy valu*

**Article history:**

Received 04.07.2018  
Received in revised form  
26.07.2018  
Accepted 16.08.2018

**Corresponding author:**

D. Matias  
**E-mail:**  
npnuht@ukr.net

---

**ABSTRACT**

The peculiarity of marmalade products, as well as the whole group of sugar confectionery products, is high content of sugar. Taking into account the modern requirements of nutrition science, the direction of reducing sugar content or the creation of products without it is one of the priority areas of food industry.

The paper analyzes the current state of production of low calorie marmalade and proves the relevance of the development of jelly marmalade with reduced sugar content and improved nutritional value. The data about the optimization of the recipe composition of jelly marmalade with reduced content of saccharose, glucose, fructose with agar polysaccharides and different types of pectin is presented. Solutions include reduction of the quantity of sugars to the limits, which provides a sweet taste of the products; introduction of polydextrose, as an inert filler, for regulating the content of dry matter and the structural and mechanical properties of marmalade in an amount equal to the amount of sugar excluded from the recipe; introduction of fruit and vegetable purees in an amount from 15 to 25% by weight, to provide a natural rich color, pleasant taste and aroma of finished products.

According to the obtained data, it is established that all the optimal ratios of the recipe components for varieties of marmalade will give the opportunity to receive finished products with a strength that is not inferior to products made according to traditional recipes. At the same time, the energy value for all samples is reduced by 25% on average. The developed recipes are approved in the established order by the Industry Tasting Commission, new types of jelly marmalade were noted at the tasting contests.

---

DOI: 10.24263/2225-2924-2018-24-4-25

## ОПТИМІЗАЦІЯ РЕЦЕПТУРНОГО СКЛАДУ ЖЕЛЕЙНОГО МАРМЕЛАДУ З ПОНИЖЕНИМ ВМІСТОМ ЦУКРУ

Д.С. Матяс, Ю.В. Камбулова, А.М. Дорохович, І.В. Мандзюк

*Національний університет харчових технологій*

*Особливістю мармеладних виробів, як і всієї групи цукристих кондитерських виробів, є великий вміст цукру. Враховуючи сучасні вимоги науки про хар-*

чування, спрямування технологічних схем продукції на зниження вмісту цукру або створення виробів без нього є одним з пріоритетних напрямків галузі.

У статті проаналізовано сучасний стан виробництва низькокалорійного мармеладу та доведено актуальність розроблення мармеладу желейного зі зниженою цукромісткістю та покращеною харчовою цінністю. Наведено дані оптимізації рецептурного складу желейного мармеладу з пониженим вмістом сахарози, глюкози, фруктози на агарових полісахаридах і пектинах. Рішення передбачають зменшення рецептурної кількості цукрів до меж, за якими забезпечується солодкий смак виробів; введення полідекстрози як інертного наповнювача для регулювання вмісту сухих речовин і структурно-механічних властивостей мармеладу в кількості, рівноцінній кількості цукру, що виключено із рецептури; внесення фруктових пюре в кількості від 15 до 25%, для забезпечення натурального насиченого кольору, приємного смаку та аромату готової продукції.

Згідно з отриманими даними всі оптимальні співвідношення рецептурних компонентів для різновидів мармеладу дадуть можливість отримувати готову продукцію з міцністю, що не поступається виробам, виготовленим за традиційними рецептурами. При цьому енергетична цінність для всіх зразків у середньому зменшується на 25%. Розроблені рецептури затверджені в установленому порядку галузевою Дегустаційною комісією, нові види мармеладу желейного були відзначені на дегустаційних конкурсах.

**Ключові слова:** мармелад, сахароза, глюкоза, фруктоза, оптимізація, рецептура, енергетична цінність.

**Постановка проблеми.** Кондитерськими підприємствами України випускається доволі широкий спектр мармеладних виробів. Здебільшого це група желейного мармеладу, який має привабливий зовнішній вигляд, різноманітну форму, приємний запах і смак, достатньо простий у виготовленні. Саме тому він популярний серед населення і виробників. Традиційними рецептурами мармеладу передбачено використання 50...70% цукру білого, штучних барвників, ароматизаторів [1], що особливо насторожує, оскільки основними споживачами виробів є діти і підлітки. Тому розроблення низькокалорійних солодоців, внесення натуральних смакоароматичних речовин, додавання функціональних інгредієнтів на сьогодні є актуальним напрямком розвитку кондитерського виробництва.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Світова популяризація здорового харчування і рекомендації медиків щодо обмеження споживання цукрів розширюють асортимент продукції із заміною цукру. До того ж починають змінюватись світові підходи до технологій кондитерських виробів. Низка потужних корпорацій запровадила в асортиментному ряді продукцію з частковою або повною заміною цукрів. Наприклад, бельгійська компанія Callebaut [2] пропонує вибір делікатного темного і білого шоколаду із заміною сахарози на мальтитол як підсолоджувача, а також фісташкової, рідкої горіхової паст зі зниженим (на 50%) вмістом цукру.

Lanouba — бельгійська компанія налагодила випуск «Преміум колекції насолод sugarfree» [3] із хрустких вафель, шоколаду, шоколадних батончиків, маршмелоу, джемів, які не містять жиру й цукру і практично не містять вуглеводів.

Іспанська компанія Intervan [4] — одна з визнаних на європейському ринку виробників цукерок, випускає спеціальну лінійку льодяників без цукру (бренди Pictolin і Cafe Dry) з натуральним цукрозамінником ізомальтом.

Із 1972 р. на ринку США і у більш ніж 50 країнах світу представляє свою продукцію компанія Walden Farms — провідний виробник дієтичних продуктів. Компанія одна з перших, яка започаткувала виробництво корисних продуктів з низьким рівнем жирності та простих цукрів. Сьогодні вся продукція, що виробляється під цим брендом, не містить жирів, цукрів та глютенів, а також підходить для вегетаріанців і людей, що страждають алергією [5].

Показовим прикладом масштабного зменшення кількості цукру є діяльність світової компанії Nestle (Франція), яка у 2007 р. ввела обов'язкову політику щодо постійного зниження рівня цукру, особливо в продуктах, які суттєво впливають на загальний обсяг його споживання. Як результат, у період з 2000 р. по 2015 р. компанія зменшила загальний вміст цукру в продукції на 38%. Окрім цього, технологи підприємств в рецептурах виробів намагаються використовувати обмежену кількість підсолоджувачів [6]. Також компанія заявила про використання з 2018 р. спеціально структурованого цукру [7], який дасть змогу зберегти солодкість за менших його концентрацій. Вчені стверджують, що нова сировина виглядає і смакує як цукор, але його модифікована структура суттєво сповільнює розклад цукру в організмі і калорії поступають лише при його повному перетравленні.

Cargill (США) пропонує вирішення проблеми розробки продуктів зі зниженим вмістом цукру шляхом додавання безкалорійних або низькокалорійних підсолоджувачів, які пропонують виробникам у широкому асортименті [8].

На кондитерському ринку України останнім часом значно збільшився попит на вироби з низьким вмістом цукру, виготовлених із натуральних та екологічно чистих інгредієнтів. Серед виробників «корисних кондитерських виробів» можна виділити такі торговельні марки: «САМЕ», «COOKIE TONE», «Жива кухня», «Фрукта», «Ай да Бейкер». Українська компанія Гудвіл-Інвест виробляє високоякісний трав'яний безкалорійний цукрозамінник — стевію у вигляді таблеток, стіків, в порошок, а також шоколадні напої зі стевією [9].

У наукових працях активно досліджуються питання вилучення цукрів із складу кондитерських виробів і зменшення їх енергетичної цінності присвятили свої роботи вчені, можливість застосування солодких речовин у рецептурах кондитерських виробів без цукру (підсолоджувачів з високим і низьким цукровим еквівалентом, харчових волокон, цукрозамінників; практично безкалорійних, низькокалорійних, висококалорійних; штучних і натуральних), застосування різноманітної фруктово-ягідної, овочевої сировини для зменшення рівня цукру, внесення харчових продуктів — носіїв солодкого смаку тощо.

Науковцями Національного університету харчових технологій [10] запропоновано технологію желейного мармеладу на пектині та к-карраганіні зниженої

глікемічності зі статусом «функціональний продукт» шляхом використання на заміну цукру білого поєднання цукрозамінників низької глікемічності (лактитолу) і цукрів (фруктози), ФФСІ: вітаміну С (аскорбінова кислота), молока та молокопродуктів.

Вченими Одеської національної академії харчових технологій [11] удосконалено рецептуру двошарового желеино-збивного мармеладу за рахунок використання крохмальних сиропів, фруктози та полідекстрози. На основі проведених досліджень було розроблено рецептури мармеладу зі зниженою цукромісткістю і глікемічністю.

Дослідниками з Чорногорії розроблено низькокалорійний мармелад (low-calorie marmelade) шляхом використання низькоетерифікованого амідованого пектину та зниженим на 42,0—50,0% вмістом цукру [12]. Вченими Єгипту запатентовано низькокалорійний мармелад на основі пюре з апельсину, гарбуза та папаї за умови заміни сахарози фруктозою, стевіозидом та сукралозою.

Тож світові й українські компанії, лідери ринку кондитерської продукції починають випуск виробів з повним вилученням цукру за рахунок використання підсолоджувачів або цукрових спиртів — поліолів, які віднесені Комісією Кодекс Аліментаріус також до підсолоджувачів. На сьогодні норма споживання кожного підсолоджувача регламентована, вони заборонені до споживання дітям. Тому існує потреба у раціоналізації вмісту цукрів у діючих рецептурах кондитерських виробів, в тому числі й мармеладі, з метою його використання лише для надання солодкого смаку. Покращення структурно-механічних показників якості мармеладу, які зміняться за вилучення цукрів, можливо за рахунок внесення харчових волокон, інертних наповнювачів, що випускаються крохмале-патоковою промисловістю.

**Мета дослідження:** оптимізація рецептурного складу мармеладу желеино-збивного зі зниженим вмістом цукрів (цукру білого кристалічного, глюкози, фруктози), об'ємним наповнювачем полідекстрозою, асортиментом ягідного і овочевого пюре.

**Викладення основних результатів дослідження.** Можливість зменшення цукру білого кристалічного, глюкози і фруктози при формуванні драгледобної структури желеино-збивного мармеладу на різних гідроколоїдах — агарі і к-карагінані, Н- і L-пектинах — встановлювали за органолептичними показниками і загальною деформацією сформованого драглю мармеладу. Для визначення готували зразки мармеладу із повною заміною цукру білого традиційної рецептури на глюкозу і фруктозу (з урахуванням вмісту СР). Для контрольної рецептури на агарі і к-карагінані використано рецептуру мармеладу «Желейний формовий» на агарі [13]. Для контрольної рецептури на пектинах використано рецептуру мармеладу «Желейний формовий» з використанням Н-пектину [13]. Вміст L-пектину варіювали відповідно до встановленого оптимального його дозування: 1,2% Н-пектину : 2% L-пектину. Дослідження проводили на структурометрі СТ-1 (початкова сила дотику  $F_0 = 0,5\text{Н}$ , сила навантаження,  $F = 6 \pm 0,5\text{ Н}$ ) [14]. Допустиму межу зменшення цукрів встановлювали за відчуттям солодкості. Додатково спостерігали за зміною міцності мармеладного драглю. Результати визначення допустимих меж зменшення цукрів надані в табл. 1.



Представленими в таблиці даними підтверджується закономірність, що зменшення вмісту цукрів призводить до урівноваження солодкості виробів. Дійсно, в мармеладних масах на будь-якому драглеутворювачі з сахарозою або глюкозою виріб залишається солодким до вмісту цукру в рецептурі 35 г/100 г продукту, а в мармеладних масах з фруктозою — до 20—25 г/100 г продукту. Зменшення цукрів позначається й на формуванні структурно-механічних властивостей [15].

*Таблиця 1. Визначення допустимих меж зменшення цукрів у желеїному мармеладі*

| Кількість цукру,<br>г/100 г<br>готового продукту | Відчуття солодкості | Загальна деформація,<br>% |
|--|---------------------|---------------------------|
| 1  | 2                   | 3                         |
| <b>Агар, сахароза</b>                            |                     |                           |
| Контроль, 60 г/ 100 г                            | надмірно солодкий   | 6,70                      |
| 55 г/ 100 г                                      | надмірно солодкий   | 6,80                      |
| 45 г/ 100 г                                      | добре солодкий      | 6,90                      |
| 35 г/ 100 г                                      | солодкий            | 7,23                      |
| 25 г/ 100 г                                      | помірно солодкий    | 8,47                      |
| <b>Агар, глюкоза</b>                             |                     |                           |
| Контроль, 60 г/ 100 г                            | надмірно солодкий   | 7,43                      |
| 55 г/ 100 г                                      | надмірно солодкий   | 8,10                      |
| 45 г/ 100 г                                      | солодкий            | 8,30                      |
| 35 г/ 100 г                                      | помірно солодкий    | 8,40                      |
| 25 г/ 100 г                                      | не солодкий         | 8,70                      |
| <b>Агар, фруктоза</b>                            |                     |                           |
| Контроль, 60 г/ 100 г                            | надмірно солодкий   | 9,33                      |
| 55 г/ 100 г                                      | надмірно солодкий   | 9,87                      |
| 45 г/ 100 г                                      | надмірно солодкий   | 10,00                     |
| 35 г/ 100 г                                      | надмірно солодкий   | 10,10                     |
| 25 г/ 100 г                                      | солодкий            | 10,33                     |
| <b>К-каррагінан, сахароза</b>                    |                     |                           |
| Контроль, 60 г/ 100 г                            | надмірно солодкий   | 10,47                     |
| 55 г/ 100 г                                      | надмірно солодкий   | 11,00                     |
| 45 г/ 100 г                                      | солодкий            | 12,97                     |
| 35 г/ 100 г                                      | помірно солодкий    | 14,57                     |
| 25 г/ 100 г                                      | не солодкий         | 17,57                     |
| <b>К-каррагінан, глюкоза</b>                     |                     |                           |
| Контроль, 60 г/ 100 г                            | надмірно солодкий   | 11,33                     |
| 55 г/ 100 г                                      | надмірно солодкий   | 14,73                     |
| 45 г/ 100 г                                      | солодкий            | 16,37                     |
| 35 г/ 100 г                                      | помірно солодкий    | 17,57                     |
| 25 г/ 100 г                                      | не солодкий         | 18,17                     |
| <b>К-каррагінан, фруктоза</b>                    |                     |                           |
| Контроль, 60 г/ 100 г                            | надмірно солодкий   | 12,67                     |
| 55 г/ 100 г                                      | надмірно солодкий   | 14,00                     |
| 45 г/ 100 г                                      | надмірно солодкий   | 16,33                     |
| 35 г/ 100 г                                      | солодкий            | 17,23                     |

| 1                     | 2                 | 3     |
|-----------------------|-------------------|-------|
| 25 г/ 100 г           | солодкий          | 18,70 |
| Н-пектин, сахароза    |                   |       |
| Контроль, 60 г/ 100 г | надмірно солодкий | 16,47 |
| 35 г/ 100 г           | солодкий          | 20,83 |
| 25 г/ 100 г           | не солодкий       | 21,1  |
| Н-пектин, глюкоза     |                   |       |
| Контроль, 60 г/ 100 г | надмірно солодкий | 18,83 |
| 35 г/ 100 г           | помірно солодкий  | 20,60 |
| 25 г/ 100 г           | не солодкий       | 26,00 |
| Н-пектин, фруктоза    |                   |       |
| Контроль, 60 г/ 100 г | надмірно солодкий | 25,97 |
| 35 г/ 100 г           | надмірно солодкий | 28,53 |
| 25 г/ 100 г           | солодкий          | 31,03 |
| L-пектин, сахароза    |                   |       |
| Контроль, 50 г/ 100 г | солодкий          | 41,90 |
| 35 г/ 100 г           | солодкий          | 54,17 |
| 20 г/ 100 г           | помірно солодкий  | 63,37 |
| L-пектин, глюкоза     |                   |       |
| Контроль, 50 г/ 100 г | надмірно солодкий | 49,80 |
| 35 г/ 100 г           | солодкий          | 53,20 |
| 20 г/ 100 г           | не солодкий       | 59,63 |
| L-пектин, фруктоза    |                   |       |
| Контроль, 50 г/ 100 г | надмірно солодкий | 43,57 |
| 35 г/ 100 г           | надмірно солодкий | 45,90 |
| 20 г/ 100 г           | солодкий          | 51,77 |

Поступове зменшення його рецептурної кількості відображається на збільшенні показника загальної деформації. Це обґрунтовує введення до рецептури мармеладу речовин, що покращуватимуть структуру мармеладу й забезпечуватимуть необхідний вміст сухих речовин виробу.

Для корегування структурно-механічних властивостей готового мармеладу, відновлення вмісту сухих речовин доцільним, на нашу думку, є застосування інертного наповнювача — полідекстрози. Вперше науково обґрунтовано використання полідекстрози для регулювання структурно-механічних властивостей мармеладу на агарі і пектині у [16]. Успішний досвід відновлення структури мармеладних мас з пониженим вмістом цукрів може бути використаний і на даних дослідних системах мармеладу. Полідекстроза — полісахарид, отриманий гідролізом крохмалю, використовується як наповнювач для мас без цукру, жиру. Володіє властивостями харчових волокон і пребіотика, має низький глікемічний індекс. Полісахарид має високу загущувальну здатність, ледь солодкуватий присмак, що не відобразиться на смаку готової продукції. Оскільки полідекстроза є інертним наповнювачем, її кількість у рецептурах складала аналогічну кількість цукру, що виводиться із рецептури.

Під час проведення досліджень щодо встановлення раціональної кількості глюкози в мармеладі відмічений негативний процес її кристалізації, що

призводить до зацукрювання виробу й унеможливує її споживання. Дійсно, головним негативним фактором, що обмежує застосування глюкози в цукристих кондитерських виробках, є її швидка кристалізація в перенасичених розчинах [17]. Попередніми дослідженнями з'ясовано, що в процесі зберігання мармеладних мас як на агарових полісахаридах, так і на пектинах, вміст глюкози в яких перевищує 70%, спостерігається випадіння кристалів. Запобігти цьому явищу можливо додаванням антикристалізаторів. Найбільш застосовуваними кондитерською промисловістю антикристалізаторами є крохмальна патока. Після дослідження впливу різних видів патоки [18] встановлено, що для запобігання кристалізації глюкози при уварюванні мармеладних мас доцільно використовувати патоку мальтозну, з низьким вмістом глюкози у складі редукувальних речовин, у співвідношенні глюкоза:мальтозна патока як 1:(0,7...0,9). У процесі зберігання додатково відмічено, що всі дослідні зразки мармеладу не адсорбують вологу з повітря, не «розмокають» у процесі зберігання, що пов'язано з низькою сорбційною здатністю глюкози. Отже, даний вид патоки і встановлені його концентраційні співвідношення рекомендували для подальшого оптимізування рецептур желевого мармеладу на глюкозі.

Також вважаємо необхідним рекомендувати до введення в рецептури мармеладу фруктові й овочеві пюре, що випускається консервною промисловістю в доволі широкому асортименті. Це урізноманітнить смакову й кольорову гаму мармеладу без використання штучних барвників, збагачуватиме його хімічний склад цінними біологічно-активними речовинами. Для оптимізації використано кизилове, обліпихове, тернове, малинове, полуничне, ожинове, гарбузове, червоної та чорної смородини пюре.

Для визначення оптимальних рецептурних співвідношень запропонованих рецептурних компонентів обрано метод багатофакторного експерименту. За критерій оптимальності визначили міцність драглю мармеладу ( $Y$ ); оптимізувальними факторами обрали: кількість цукру (сахарози, глюкози, фруктози) ( $X_1$ ), г; кількість пюре ( $X_2$ ), г; кількість кислоти (молочної, лимонної) ( $X_3$ ), см<sup>3</sup>. Технологічний процес одержання мармеладної маси принципово не відрізнявся від традиційного, за винятком додавання сухої карамельної патоки на заміну рідкої. Таке технологічне рішення прийнято з метою спрощення технологічного процесу підготовки патоки й транспортування її на етап приготування рецептурної суміші, що супроводжується позитивним зменшенням енергоресурсів. Розраховані кількості цукру, структуроутворювача, патоки, полідекстрози змішували, додавали воду із розрахунку «суміш:вода» як 1:80...100 і розчиняли за температури 95...100°C протягом 15...20 хв (для приготування мармеладних мас на агарі здійснювали попереднє набухання агару протягом 30—60 хв, після чого нагрівали його до повного розчинення і у розчин вносили заздалегідь приготовлену суху суміш). Сироп уварювали до вмісту СР 80%, охолоджували до температури 90°C, вводили згущене пюре і кислоту, перемішували і відливали зразки мармеладу. Для Н-пектину мармеладну масу не охолоджували, а смакові компоненти вводили відразу після уварювання. Готовий виріб зберігався 24 год для повного драглеутворення. Параметри оптимізації, на прикладі мармеладу на агарі, наведені в табл. 2.

## ХАРЧОВІ ТЕХНОЛОГІЇ

Таблиця 2. Параметри оптимізації рецептурного складу мармеладу на агарі

| Параметри   | Значення параметрів |       |       |       |       |       |       |       |
|---|---------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Агар-сахароза-терен «Терновий»                        |                     |       |       |       |       |       |       |       |
| Кількість цукру білого кристалічного ( $X_1$ ), г     | 41,62               | 36,08 | 41,62 | 36,08 | 41,62 | 36,08 | 41,62 | 36,08 |
| Кількість поре терну ( $X_2$ ), г                     | 9,6                 | 9,6   | 4,8   | 4,8   | 9,6   | 9,6   | 4,8   | 4,8   |
| Кількість кислоти молочної ( $X_3$ ), см <sup>3</sup> | 2,5                 | 2,5   | 2,5   | 2,5   | 1,5   | 1,5   | 1,5   | 1,5   |
| Міцність мармеладу, (У), кПа                          | 30,05               | 28,45 | 29,90 | 35,70 | 26,09 | 26,92 | 26,14 | 28,95 |
| Агар-глюкоза-кизил «Кизилловий»                       |                     |       |       |       |       |       |       |       |
| Кількість глюкози ( $X_1$ ), г                        | 51,02               | 46,66 | 51,02 | 46,66 | 51,02 | 46,66 | 51,02 | 46,66 |
| Кількість кизилового поре ( $X_2$ ), г                | 11,2                | 11,2  | 5,6   | 5,6   | 11,2  | 11,2  | 5,6   | 5,6   |
| Кількість кислоти молочної ( $X_3$ ), см <sup>3</sup> | 2,5                 | 2,5   | 2,5   | 2,5   | 1,5   | 1,5   | 1,5   | 1,5   |
| Міцність мармеладу, кПа                               | 28,20               | 34,00 | 25,13 | 27,32 | 31,48 | 29,37 | 27,69 | 28,70 |
| Агар-фруктоза-обліпіха «Обліпіховий»                  |                     |       |       |       |       |       |       |       |
| Кількість фруктози ( $X_1$ ), г                       | 46,72               | 42,73 | 46,72 | 46,72 | 46,72 | 42,73 | 46,72 | 42,73 |
| Кількість поре обліпіхи ( $X_2$ ), г                  | 10,6                | 10,6  | 5,3   | 5,3   | 10,6  | 10,6  | 5,3   | 5,3   |
| Кількість кислоти молочної ( $X_3$ ), см <sup>3</sup> | 2,5                 | 2,5   | 2,5   | 2,5   | 1,5   | 1,5   | 1,5   | 1,5   |
| Міцність мармеладу, кПа                               | 28,20               | 27,40 | 24,63 | 27,02 | 29,25 | 31,48 | 26,02 | 28,70 |

За допомогою статистичного методу середніх значень розраховано коефіцієнти рівнянь, які описують процес драглеутворення мармеладу. За критерієм Стьюдента визначено значимість коефіцієнтів і отримано системи рівнянь регресії в кодованому вигляді:

- для системи «агар-сахароза-терен», мармелад «Терновий»:

$$y = 29,03 - 0,98x_1 + 1,15x_2 + 2,0x_3 + 1,17x_1 \cdot x_2 ;$$

- для системи «агар-глюкоза-кизил», мармелад «Кизилловий»:

$$y = 28,98 - 0,98x_1 + 1,02x_2 + 1,17x_1 \cdot x_3 ;$$

- для системи «агар-фруктоза-обліпіха», мармелад «Обліпіховий»:

$$y = 27,84 - 0,81x_1 + 1,25x_2 - 1,03x_3 ;$$

- для системи «к-каррагінан-сахароза-кизил», мармелад «Кизилова насолода»:

$$y = 28,92 - 2,55x_1 + 2,54x_3 - 2,38 x_1 \cdot x_2 ;$$

- для системи «к-каррагінан-глюкоза-терен», мармелад «Лісова слива»:

$$y = 22,10 - 4,67x_1 + 5,2x_2 + 3,1x_3 + 5,32 x_1 \cdot x_2 - 3,02 x_1 \cdot x_3 - 5,78 x_2 \cdot x_3 ;$$

- для системи «к-каррагінан-фруктоза-обліпіха», мармелад «Обліпіховий вогник»:

$$y = 26,20 - 6,06x_1 + 0,22x_2 + 6,02x_3;$$

- для системи «Н-пектин-фруктоза-чорна смородина», мармелад «Чорно-смородиновий»:

$$y = 28,03 + 3,37x_1 + 2,32x_3 - 2,38x_1 \cdot x_2 + 3,15x_1 \cdot x_3;$$

- для системи «Н-пектин-сахароза-червона смородина», мармелад «Червоно-смородиновий»:

$$y = 28,03 + 3,37x_1 + 2,32x_3 - 1,34x_1 \cdot x_2 + 3,15x_1 \cdot x_3;$$

- для системи «Н-пектин-глюкоза-гарбуз», мармелад «Сонячний»:

$$y = 24,79 + 1,09x_1 - 2,75x_3 + 2,1x_1 \cdot x_3 + 1,65x_2 \cdot x_3;$$

- для системи «L-пектин-сахароза-полуниця», мармелад «Полуничний»:

$$y = 23,71 - 2,78x_1 - 1,62x_3 + 1,19x_1 \cdot x_3 + 1,17x_1 \cdot x_2 \cdot x_3;$$

- для системи «L-пектин -глюкоза-малина», мармелад «Малиновий»:

$$y = 23,65 - 2,77x_1 - 1,60x_3 + 1,13x_1 \cdot x_3;$$

- для системи «L-пектин-фруктоза-ожина», мармелад «Ожиновий»:

$$y = 23,25 - 1,52x_1 - 1,2x_3.$$

За результатами оптимізації визначили найкращі співвідношення рецептурних компонентів різних видів мармеладу, що представлені в табл. 3. Згідно з представленими результатами, всі наведені оптимальні співвідношення рецептурних компонентів для різновидів мармеладу дадуть можливість отримувати готову продукцію з міцністю, що не поступається контрольним зразкам. Наприклад, міцність мармеладу желейного на агарі, виготовленого за традиційною рецептурою, складає 32 кПа, а мармеладу з пониженим вмістом сахарози — 35,5 кПа, глюкози — 34,1 кПа, фруктози — 31,5 кПа. Міцність мармеладу на к-каррагінані з пониженим вмістом сахарози — 31,2 кПа, глюкози і фруктози — 31,0 кПа.

**Таблиця 3. Зони оптимальних значень рецептурного складу мармеладу з пониженим вмістом цукрів**

| Назва зразку                                    | Кількість цукру, (X <sub>1</sub> ), г | Кількість пюре, (X <sub>2</sub> ), г | Кількість кислоти, (X <sub>3</sub> ), см <sup>3</sup> | Міцність мармеладу, (Y <sub>1</sub> ), кПа |
|---|---------------------------------------|--------------------------------------|---|--|
| 1   | 2                                     | 3                                    | 4   | 5  |
| Контроль «Желейний формовий» на агарі           | 67,0                                  | —                                    | 2,2   | 32,0                                       |
| Агар-сахароза-герен «Терновий»                  | 36,09                                 | 9,60                                 | 2,0   | 35,5                                       |
| Агар-глюкоза-кизил «Кизиловий»                  | 46,72                                 | 10,80                                | 2,0   | 34,1                                       |
| Агар-фруктоза-обліпіха «Обліпіховий»            | 42,79                                 | 10,63                                | 1,5   | 31,5                                       |
| К-каррагінан-сахароза-кизил «Кизилова насолода» | 36,05                                 | 8,00                                 | 2,0   | 31,2                                       |

| 1   | 2     | 3     | 4    | 5    |
|---|-------|-------|------|------|
| К-каррагінан-глюкоза-терен «Лісова слива»                 | 45,89 | 9,20  | 2,0  | 31,0 |
| К-каррагінан-фруктоза-обліпіха «Обліпіховий вогник»       | 37,08 | 10,6  | 2,50 | 31,0 |
| Контроль «Желейний формовий» на Н-пектині                 | 68,0  | —     | 0,86 | 26,0 |
| Н-пектин сахароза-червона смородина «Червоносмородиновий» | 41,64 | 15    | 1,1  | 25,8 |
| Н-пектин-глюкоза-гарбуз «Сонячний»                        | 42,42 | 11,54 | 1,1  | 24   |
| Н-пектин-фруктоза-чорна смородина «Чорносмородиновий»     | 38,67 | 10    | 1,1  | 25   |
| Л-пектин-сахароза-полуниця «Полуничка»                    | 30,4  | 15,00 | 1,25 | 24,0 |
| Л-пектин-глюкоза «Малиновий»                              | 27,95 | 15,0  | 1,27 | 23,0 |
| Л-пектин-фруктоза «Ожиновий»                              | 27,95 | 15,0  | 1,27 | 23,0 |

Міцність мармеладу традиційного желейного на Н-пектині складає 26 кПа, а мармеладу з пониженим вмістом сахарози — 25,8 кПа, глюкози — 24 кПа, фруктози — 25 кПа. Міцність мармеладу на Л-пектині з пониженим вмістом сахарози — 24 кПа, глюкози і фруктози — 23,0 кПа. Отже, оптимальні співвідношення рецептурних компонентів, можуть бути використані для розрахунку уніфікованих рецептур желейного мармеладу з пониженим вмістом цукрів.

Табличні дані рецептурного складу мармеладу дозволили додатково визначити показник глікемічності виробів і розрахувати їх енергетичну цінність (табл. 4).

**Таблиця 4. Зміна показників глікемічності та енергетичної цінності розробленого мармеладу**

| Назва   | Показник глікемічності | Зміни ПГ, % | Енергетична цінність | Зменшення ЕЦ, % |
|---|------------------------|-------------|----------------------|-----------------|
| 1   | 2                      | 3           | 4                    | 5               |
| Контроль «Желейний формовий» на агарі           | 63                     | —           | 336                  | —               |
| Агар-сахароза-терен «Терновий»                  | 43                     | -31,8       | 249,1                | 25,9            |
| Агар-глюкоза-кизил «Кизилловий»                 | 75                     | +19         | 290,8                | 14,5            |
| Агар-фруктоза-обліпіха «Обліпіховий»            | 25                     | -60,4       | 263,3                | 21,7            |
| Контроль «Желейний формовий» на к-каррагінані   | 63                     | —           | 332                  | —               |
| К-каррагінан-сахароза-кизил «Кизилова насолода» | 43                     | -31,7       | 251,9                | 24,2            |
| К-каррагінан-глюкоза-терен «Лісова слива»       | 73                     | +15,9       | 284,5                | 14,3            |

*Продовження табл. 4*

| 1   | 2  | 3     | 4     | 5    |
|---|----|-------|-------|------|
| К-каррагінан-фруктоза-обліпиха «Обліпиховий вогник»       | 24 | -62   | 241,7 | 27,2 |
| Контроль «Желейний формовий» на Н-пектині                 | 62 | —     | 321,8 | —    |
| Н-пектин сахароза-червона смородина «Червоносмородиновий» | 45 | -32,9 | 258,8 | 19,6 |
| Н-пектин-глюкоза-гарбуз «Сонячний»                        | 67 | +8    | 264,6 | 17,8 |
| Н-пектин-фруктоза-чорна смородина «Чорносмородиновий»     | 25 | -59,7 | 239,7 | 25,5 |
| Контроль «Желейний формовий» на Н-пектині                 | 62 | —     | 321,8 | —    |
| Л-пектин-сахароза-полуниця «Полуничка»                    | 45 | -32,9 | 231,4 | 28,1 |
| Л-пектин -глюкоза «Малиновий»                             | 68 | +9,6  | 266,4 | 17,3 |
| Л-пектин-фруктоза «Ожиновий»                              | 30 | -51,7 | 236,4 | 26,5 |

Встановлено, що в усіх групах мармеладу відбувається зменшення енергетичної цінності. Так, для мармеладу желейного на агарі зменшення вмісту сахарози призводить до зменшення енергетичної цінності до 25,9%, глюкози — 14,5%, фруктози — 21,7%. Разом з цим в розробленому мармеладі з сахарозою і фруктозою на 31,8% і 69,4%, відповідно, зменшується показник глікемічності.

Для мармеладу желейного на к-каррагінані вилучення рецептурної кількості сахарози зменшує енергетичну цінність на 24,2%, глюкози — на 14,3%, фруктози — на 27,2%. При цьому показник глікемічності для виробів з сахарозою зменшується на 31,7%, з фруктозою — на 62%.

В удосконалених рецептурах мармеладу з Н-пектином спостерігаються аналогічні залежності: в рецептурах із зменшеним вмістом сахарози і фруктози процент зменшення енергетичної цінності складає 19,6% і 25,5%, а показник глікемічності зменшується на 32,9% і 59,7% відповідно. В рецептурах мармеладу на Л-пектині зменшення енергетичної цінності складає 28,1% — для мармеладу з сахарозою, 17,3% — для мармеладу з глюкозою і 26,5% — для мармеладу з фруктозою. Показник глікемічності при цьому зменшується на 32,9% — для сахарози і 51,7% — для фруктози. У рецептурах з глюкозою показник глікемічності дещо зростає: на 8% — в мармеладі на Н-пектині і на 9% в мармеладі на Л-пектині.

### **Висновки**

Наведені у статті дані свідчать про досягнення основної мети — оптимізації рецептурного складу мармеладу з пониженим вмістом сахарози (на 30,0%), глюкози (на 30,5%) і фруктози (на 32,0%) за рахунок введення рівноцінної кількості полідекстрази; з різноманітними ягідними і овочевим пюре. При цьому енергетична цінність для всіх зразків в середньому знижена

на 25%, а показник глікемічності — для мармеладу з сахарозою на 32%, з фруктозою — на 60%. Розроблені нові види мармеладу желейного були відзначені на дегустаційних конкурсах. В установленому порядку галузевою Дегустаційною комісією були затверджені рецептури.

### Література

1. Global action plan for the prevention and control of noncommunicable diseases. (2013). Geneva: World Health Organization. [Електронний ресурс]. — Режим доступу : [http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/94384/1/9789241506236\\_eng.pdf](http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/94384/1/9789241506236_eng.pdf).
2. Finest Belgian Chocolate. (2018). [Електронний ресурс]. — Режим доступу : <https://www.callebaut.com/ru-RU/шоколад/finest-belgian-chocolate>.
3. Самая большая Премиум Коллекция Сладостей без содержания сахара и с низким содержанием углеводов. (2018). [Електронний ресурс]. — Режим доступу : <http://www.lanouba-sugarfree.com/ru/>.
4. Intervan. (2018). [Електронний ресурс]. — Режим доступу : <http://www.intervan.es/cafedry.php>.
5. Walden Farms. (2018). [Електронний ресурс]. — Режим доступу : <http://sportivnoepitanie.ru/waldenfarms/>
6. Наука про продукти харчування і технології. (2018). [Електронний ресурс]. — Режим доступу : <https://www.nestle.ua/randd/technologies>
7. Fusaro D. (2016). Nestlé Scientists Create New Sugar Structure. [Електронний ресурс]. — Режим доступу : <https://www.foodprocessing.com/industrynews/2016/nestle-creates-new-sugar/>.
8. Гидроколлоиды. [Електронний ресурс]. — Режим доступу : <https://www.cargill.com>.
9. Стевия — медовая трава. Продукции натурального происхождения. Основной компонент — STEVIA. [Електронний ресурс]. — Режим доступу : <http://gudvil-invest-pulscen.com.ua>.
10. Соловійова О.Л. Удосконалення технології желейного мармеладу спеціального споживання: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.18.01. — Київ : НУХТ, 2011. — 159 с.
11. Аветісян К.В. Удосконалення технології двошарового желейного мармеладу з використанням крохмальних сиропів: дис. канд. техн. наук: 05.18.01. — Одеса : ОНАХТ, 2015. — 176 с.
12. Pavlović, Saša R., Tepić, Aleksandra N., Vujičić, Biserka L. (2003). LOW-CALORIE MARMALADES. APTEFF, 34, 23—30.
13. Кузнецова Л.С. Производство мармеладо-пастильных изделий / Л.С. Кузнецова, М.Ю. Сиданова. — Москва : ДеЛи Плюс, 2012. — 246 с.
14. Еркебаев М.Ж. Основы реологии пищевых продуктов / М.Ж. Еркебаев, Т.К. Кулажанов, Е.Б. Медведков. — Алматы : АТУ, 2006. — 298 с.
15. Imeson A. Food Stabilisers, Thickeners and Gelling Agents. — Wiley- Blackwell, 2010. — 408 с.
16. Іорґачова К.Г. Технологія двохслойного дістичного мармеладу / К.Г. Іорґачова, Л.В. Гордієнко, К.В. Аветісян // Біоресурси, біотехнологія харчових продуктів. — 2010. — № 10. — С. 24—26.
17. Грабовська О. Вплив тауомерних перетворень глюкози на швидкість її кристалізації / Н. Штанґєєва, О. Грабовська, Н. Гордійчук, О. Качковський // Тези доповідей у збірнику наукових праць «Дні науки НаУКМА»: 10-а наукова конференція, 26—30 січня 2004 р. — 2004. — С. 13.
18. Камбулова Ю.В. Фруктові і желейні мармеладні маси з глюкозою / Ю.В. Камбулова, Д.С. Матяє, Н.О. Оверчук, Т.В. Федій // Збірник наукових праць ХДУХТ «Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі». — 2017— № 1(25) — С. 256—270.



## THE USE OF NATURAL MINERALS AND ACTIVATED CARBON IN TECHNOLOGY OF WATER TREATMENT DURING BREAD KVASS MANUFACTURING

O. Dulka, V. Prybylskiy, A. Kutz

*National University of Food Technologies*

O. Kovalenko

*Odessa National Academy of Food Technologies*

---

**Key words:**

*Bread kvass*  
*Water*  
*Water treatment*  
*Clinoptilolite*  
*Rock crystal*  
*Activated carbon*

**Article history:**

Received 06.07.2018  
Received in revised form  
20.07.2018  
Accepted 06.08.2018

**Corresponding author:**

O. Dulka  
**E-mail:**  
npnuht@ukr.net

---

**ABSTRACT**

The composition of water significantly affects the flow of the process and the main indicators of the finished drink. The quality and usefulness of the product depend on the content of its impurities. Bread kvass technology does not provide additional treatment of drinking water, except for release from mechanical impurities. Therefore, the actual development of beer and non-alcoholic food industry is the development of methods for preparing water for the production of bread kvass for the intensification of the technological process and improving the health properties of the finished product.

The effect of natural minerals and activated carbon on the preparation of water during the process of fermentation of kvass wort and indicators of bread kvass is investigated in the work. The optimum temperature of fermentation of different samples of wort is determined using *Saccharomyces cerevisiae* MP-10 yeast. It was established that prepared water, processed in a sequence of clinoptilolite, active carbon, rock crystal with a filtration rate of 10 cm<sup>3</sup>/min. positively affects the course of the technological process. In this case, the fermentation time of the kvass wort decreases by 13% and the titratable acidity increases by 25%. The increase in the acidity of the beverage allows to reduce the costs of milk or citric acid at the boiling stage accordingly. Reducing the duration of fermentation and increasing the acidity of the fermented wort provides a reduction in the cost price of the finished product.

Prepared water with the use of investigated materials reduces, as well, turbidity of the finished drink by 5...11%.

The preparation of water in the proposed method has significantly reduced the oxidation-reducing potential of water and finished product. For water, this decrease was 54 mV, and the finished product, prepared on prepared water — 106 mV. The oxidation-reduction potential of bread kvass, prepared on treated water in definite sequences of treatment with clinoptilolite, active vulcanite, rock crystal and filtering speed, was — 86 mV, approaching the optimal values for human cells.

Materials of experimental research indicate the expediency of the use of rock crystal, clinoptilolite, and activated charcoal for the conditioning of water during the production of bread kvass.

## ВИКОРИСТАННЯ ПРИРОДНИХ МІНЕРАЛІВ ТА АКТИВНОГО ВУГІЛЛЯ В ТЕХНОЛОГІЇ ПІДГОТОВКИ ВОДИ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ ХЛІБНОГО КВАСУ

О.С. Дулька, В.Л. Прибильський, А.М. Куц

Національний університет харчових технологій

О.О. Коваленко

Одеська національна академія харчових технологій

На перебіг технологічного процесу та основні показники ферментованих напоїв, зокрема хлібного квасу, суттєво впливає склад води. Від вмісту її домішок залежить якість і корисність продукту. Технологія хлібного квасу не передбачає додаткової обробки питної води, окрім звільнення від механічних домішок. Тому актуальним питанням розвитку пиво-безалкогольної галузі харчової промисловості є розробка способів підготовки води при виробництві хлібного квасу для інтенсифікації технологічного процесу і підвищення оздоровчих властивостей готового продукту.

У статті досліджено вплив природних мінералів та активного вугілля при підготовці води на процес збродження квасного суслу й показники хлібного квасу. Визначена оптимальна температура бродіння різних зразків суслу при використанні дріжджів *Saccharomyces cerevisiae* МП-10. Встановлено, що підготовлена вода, оброблена у послідовності клиноптилоліт, активне вугілля, гірський кристал із швидкістю фільтрування 10 см<sup>3</sup>/хв позитивно впливає на перебіг технологічного процесу. При цьому тривалість бродіння квасного суслу зменшується на 13% та на 25% збільшується титрована кислотність. Збільшення кислотності напою дає змогу, відповідно, зменшити витрати молочної або лимонної кислоти на стадії купажування. Скорочення тривалості бродіння та збільшення кислотності збродженого суслу забезпечує зниження собівартості готового продукту.

Підготовлена вода з використанням досліджуваних матеріалів зменшує також мутність готового напою на 5...11%.

Підготовка води запропонованим способом дала змогу суттєво знизити окисно-відновний потенціал води і готового продукту. Для води це зниження становило 54 мВ, а готового продукту, приготовленого на підготовленій воді, — 106 мВ. Окисно-відновний потенціал хлібного квасу, приготовленого на обробленій воді у визначеній послідовності обробки клиноптилолітом, активним вугіллям, гірським кристалом і швидкості фільтрування, становив 86 мВ, що наближається до оптимальних для клітин організму людини значень.

Матеріали експериментальних досліджень свідчать про доцільність застосування гірського кристалу, клиноптилоліту, активного вугілля для кондиціонування води при виробництві хлібного квасу.

**Ключові слова:** хлібний квас, вода, водопідготовка, клиноптилоліт, гірський кристал, активне вугілля.

**Постановка проблеми.** Основною сировиною для виробництва хлібного квасу є вода, концентрат квасного суслу, цукор, культури мікроорганізмів.

Від вибраної раси дріжджів залежить смак та аромат напою, а також його зовнішній вигляд. Використання чистих культур мікроорганізмів для виробництва ферментованих напоїв, зокрема хлібного квасу, має суттєві переваги: забезпечення постійного складу та мікробіологічної чистоти, отримання необхідної кількості мікробної культури в оптимальних умовах [1].

У виробництві хлібного квасу застосовують сушені квасні чи хлібопекарські дріжджі або чисті культури квасних дріжджів різних рас. Ефективними расами квасних дріжджів є Р-87, К-87 та КМ-94, які дають змогу інтенсифікувати та спростити технологічний процес, досягти відмінних органолептичних і стабільних фізико-хімічних показників готового напою. Найбільш поширені з них — дріжджі раси Р-87, проте їхнім недоліком є слабка інтенсивність бродіння при підвищених температурах [2].

На перебіг технологічного процесу та основні показники готового напою суттєво впливає склад води, оскільки від її домішок залежить якість і корисність продукту. Однак на сьогодні додаткових вимог до води для приготування хлібного квасу немає.

Збільшення чисельності населення, стрімкий розвиток промисловості призводить до зростання водоспоживання. Наслідком цього є зміна хімічного і мікробіологічного складу питної води та ризику, пов'язані з її безпечністю.

Тож удосконалення існуючих, розробка і впровадження нових способів підготовки води при виробництві хлібного квасу, що забезпечувало б інтенсифікацію технологічного процесу та підвищувало оздоровчі властивості готового продукту є актуальним питанням подальшого розвитку пиво-безалкогольної галузі харчової промисловості.

**Аналіз основних досліджень і публікацій.** Згідно з даними соціологічного дослідження, проведеного компанією Health Focus International, турбота про власне здоров'я впливає на мотивацію при виборі продуктів харчування. Тому серед виробників і споживачів харчової продукції сьогодні актуальним є термін «health trend» (здорове харчування), незмінним супутником якого є «функціональні продукти», що сприяють зміцненню захисних сил організму людини, допомагають адаптуватись до впливу довкілля, корегують водно-сольовий обмін, сприяють нормалізації роботи шлунково-кишкового тракту та засвоєнню інших продуктів [3; 4].

Попит на продукти функціонального призначення у світі збільшується нерівномірно. Однією з основних груп таких продуктів, що має стрімкі темпи росту виробництва, є напої [1].

Функціональними є такі напої, які, окрім здатності втамовувати спрагу та приносити насолоду, забезпечують додаткову користь для здоров'я людини. З таких напоїв у світі достатньо поширені безалкогольні ферментовані напої (напої бродіння), які для більшості країн є традиційними, національними. Так, хлібний квас, який готують на основі житньої сировини, є традиційним слов'янським напоєм і містить широкий спектр біологічно активних речовин.

У радянські часи хлібний квас був найбільш популярним безалкогольним напоєм. Проте з розпадом СРСР багато вітчизняних виробників збанкрутували і зникли з ринку, а виробництво квасу суттєво скоротилося. На сьогодні

квас знову повертає свою популярність, його виробництво займає все більшу частку на ринку безалкогольних напоїв [2].

За органолептичною характеристикою хлібний квас є напоєм темно-коричневого кольору з приємним кисло-солодким смаком і характерним ароматом житнього хліба. Напій одержують шляхом незакінченого комбінованого спиртового і молочнокислого бродіння. Однак на більшості підприємств з метою спрощення технології використовують тільки спиртове бродіння, а необхідну кислотність напою досягають внесенням молочної кислоти.

Наявність у хлібному квасі незначної кількості етанолу (0,4...0,5%об.) не знижує фізіологічного значення цього напою для людини. Його корисність характеризується вмістом вітамінів, органічних кислот, амінокислот, макро- та мікроелементів [1; 2].

У рецептурі будь-якого напою вода займає головне місце. Підприємства харчової галузі використовують воду централізованих мереж водопостачання або з артезіанських свердловин. У першому випадку вода вже приведена до кондиції питної, а в другому, що зустрічається частіше, може не відповідати такій кваліфікації. Окрім цього, до технологічної води в безалкогольному виробництві є додаткові вимоги [1; 2].

Існують різні способи очищення води, одним з яких є використання механічних фільтрів із засипками природних мінералів (кварцовий пісок, гравій). Однак така обробка не повною мірою забезпечує якість підготовленої води за фізико-хімічними показниками. При кондиціонуванні води для виробництва ферментованих напоїв використання фільтрування є обов'язковим. Така обробка направлена тільки на звільнення води від механічних і частково органічних домішок, колоїдної зависі та осаду [5; 6]. Тому актуальним є удосконалення способу механічного фільтрування води із застосуванням нових ефективних природних матеріалів, зокрема мінералів. Завдяки строго визначеним розмірам пор і внутрішніх порожнин вони є ефективними сорбентами не тільки зависі, але й розчинних органічних і неорганічних речовин. Такі матеріали, зокрема гірський криштал, мають здатність покращувати органолептичні і змінювати фізико-хімічні показники води, забезпечувати її структурування, що збільшує оздоровчий ефект готового напою.

Сучасні технології очищення води передбачають використання природних і штучних матеріалів для вирішення різних завдань. Для реалізації сорбційних процесів використовують, зокрема, активне вугілля та його аналоги (графітмінеральні сорбенти) [7; 8]. Для цих же цілей, а також як фільтруючий матеріал, останнім часом почали використовувати цеоліти. Їх унікальні властивості можуть бути використані в багатьох галузях промисловості. В наш час відомо більше 40 структурних видів цеолітів, найбільш розповсюдженими з яких є клиноптилоліт, гейландит, філліпсіт, ломоніт, морденіт, еріоніт, шабазит, анальцим. Встановлено, що природні цеоліти не поступаються штучним і при цьому їхня собівартість набагато нижча [9].

**Метою статті** є дослідження впливу природних мінералів та активного вугілля при підготовці води на процес зброджування квасного суслу й показники хлібного квасу.

**Викладення основних результатів дослідження.** У роботі використовували загальноприйняті методи досліджень для пиво-безалкогольної галузі харчової промисловості. Як об'єкти досліджень використані: вода питна із централізованого водогону м. Львова згідно з ДСанПіН 2.2.4-171-10, активне вугілля Silcarbon, гірський кришталі і клиноптилоліт згідно з чинною нормативною документацією, концентрат квасного сусла, цукор, дріжджі *Saccharomyces cerevisiae* МП-10, готовий квас згідно з ДСТУ 4069.

Обробку води проводили клиноптилолітом, гірським кришталем та активним вугіллям в лабораторних умовах зі швидкістю фільтрування 10 см<sup>3</sup>/хв. Як контроль використовували необроблену питну воду. Після обробки вміст загального заліза зменшився у 5 разів (з 0,05 до 0,01 мг/дм<sup>3</sup>), загальна жорсткість на 75 % (з 4,5 до 1,1 мМоль/дм<sup>3</sup>), перманганатна окиснюваність у 9 разів (з 4,0 до 0,5 мг О<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>). Як контроль використовували необроблену воду.

Відомо, що на тривалість бродіння впливають багато факторів. Головними з них є: початкова концентрація мікроорганізмів у суслі та їх фізіологічна активність, температура бродіння, фізико-хімічні показники води.

Для дослідження впливу води на процес бродіння готували чотири зразки квасного сусла:

- зразок №1 — сусло на необробленій питній воді (контроль);
- зразок №2 — сусло на воді, обробленій у послідовності клиноптилоліт, активне вугілля, гірський кришталі;
- зразок №3 — сусло на воді, обробленій у послідовності активне вугілля, клиноптилоліт, гірський кришталі;
- зразок №4 — сусло на воді, обробленій у послідовності гірський кришталі, клиноптилоліт, активне вугілля.

Сусло готували шляхом внесення концентрату квасного сусла у воду до концентрації сухих речовин 2,2...2,3%. Після цього цукровим сиропом доводили вміст сухих речовин до 3,2...3,5%. У готове сусло вносили чисту культуру дріжджів *Saccharomyces cerevisiae* МП-10 у кількості 1% від об'єму сусла. Сусло зброджували при різних температурах до зменшення вмісту сухих речовин на 0,8...1,0%. При цьому тривалість бродіння становила 13...19 год. Із збродженого сусла видаляли осад і купажували цукровим сиропом.

Оптимальну температуру бродіння визначали на квасному суслі з початковою концентрацією сухих речовин 3,5%. Сусло зброджували при температурах 28, 30, 32, 34, 36, 38°C до зменшення концентрації сухих речовин у кожному зразку на 1,0%.

*Таблиця 1. Вплив температури на тривалість збродження квасного сусла*

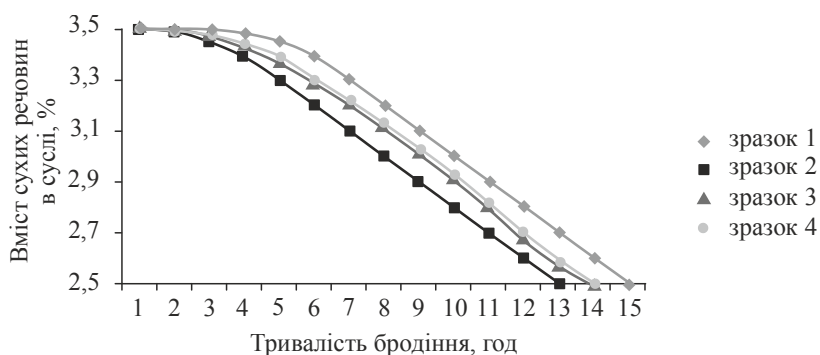
| № зразка                 | Температура бродіння, °С |    |    |    |      |    |
|--------------------------|--------------------------|----|----|----|------|----|
|                          | 28                       | 30 | 32 | 34 | 36   | 38 |
| Тривалість бродіння, год |                          |    |    |    |      |    |
| 1 (контроль)             | 19                       | 17 | 16 | 15 | 15,5 | 17 |
| 2                        | 17                       | 15 | 14 | 13 | 13,5 | 15 |
| 3                        | 18                       | 16 | 15 | 14 | 14,5 | 16 |
| 4                        | 18                       | 16 | 15 | 14 | 14,5 | 16 |

Встановлено, що необхідне зниження вмісту сухих речовин у дослідних зразках, якщо порівняти з контролем, відбувалось на 2 год швидше при всіх досліджених температурах бродіння. Найбільш інтенсивно — при температурі 34°C для всіх зразків (13...15 год.). Зменшення та збільшення температури бродіння призводило до подовження процесу.

При порівнянні дослідних зразків із контролем визначено, що вода, оброблена досліджуваними матеріалами, суттєво впливала на процес бродіння. Так, для зразків 2...4, якщо порівняти з контролем, тривалість бродіння скоротилась в середньому на 13,3%.

Отже, використання клиноптилоліту, гірського кришталю й активного вугілля при підготовці води дає змогу скоротити процес зброджування квасного суслу. Оптимальною температурою бродіння для дослідних зразків при використанні дріжджів *Saccharomyces cerevisiae* МП-10 є 32...36°C.

Динаміка зниження вмісту сухих речовин при зброджуванні дослідних зразків суслу за температури 34°C наведена на рис. 1.



**Рис. 1.** Вплив підготовленої води на динаміку зниження вмісту сухих речовин при зброджуванні квасного суслу

Встановлено, що завдяки зміні мінерального складу води у всіх дослідних зразках, порівняно з контролем, зброджування суслу відбувалось більш інтенсивно. Так, у зразках 2, 3 і 4 зниження вмісту сухих речовин почалось після перших двох годин бродіння, а в контрольному зразку — після трьох. Це свідчить про позитивний вплив складу води, обробленої досліджуваними матеріалами на фізіологічний стан дріжджів. При цьому суттєво скорочувалась тривалість адаптації дріжджів до умов середовища і, відповідно, лаг-фаза їх розвитку. Суттєвих відмінностей у динаміці бродіння дослідних зразків між собою не спостерігали.

При проведенні досліджень встановлено також, що оброблена вода не тільки впливала на тривалість бродіння, але й на зовнішній вигляд напоїв. На рис. 2 наведена мутність отриманих зразків квасу. Додатково (зразок 5) дана мутність квасу, приготовленого на непідготовленій воді при використанні хлібопекарських дріжджів.

Встановлено, що підготовка води з використанням досліджуваних матеріалів позитивно впливала на зменшення мутності готового напою — на 5% порівняно з першим зразком і на 11% із п'ятим зразком, що можна пояснити

зниженням вмісту гідрокарбонатів кальцію і магнію, які утворюють комплексні сполуки і викликають помутніння напою.

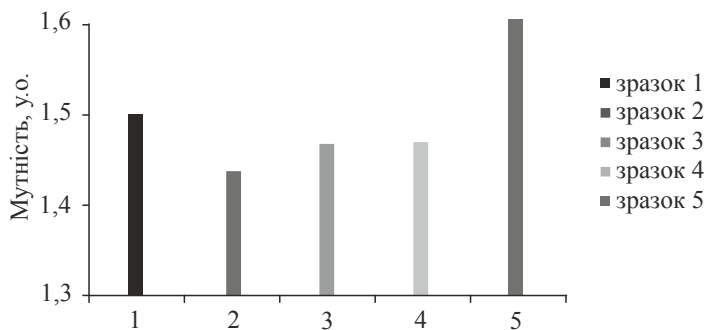


Рис. 2. Вплив підготовленої води на показник мутності квасу

Одним із факторів, що визначають фізіологічну активність дріжджів, є кислотність середовища, зокрема активна, яка повинна бути 4,5...5,5. Величина рН впливає на інтенсивність обмінних процесів у клітині, приріст біомаси, швидкість росту і направленість самого бродіння. Від активної кислотності залежить потрапляння поживних речовин у клітину та швидкість ферментативних процесів.

У табл. 2 та на рис. 3 наведені значення кислотності початкового сусла і квасу та динаміка зміни титрованої кислотності у процесі бродіння.

Таблиця 2. Кислотність сусла та квасу

| № зразка     | Кислотність сусла   |      | Кислотність квасу   |      |
|--------------|---|------|---|------|
|              | Титрована кислотність, см <sup>3</sup> розчину NaOH конц. 1 моль/дм <sup>3</sup> на 100 см <sup>3</sup> сусла | рН   | Титрована кислотність, см <sup>3</sup> розчину NaOH конц. 1 моль/дм <sup>3</sup> на 100 см <sup>3</sup> квасу | рН   |
| 1 (контроль) | 0,9   | 5,94 | 1,15  | 5,59 |
| 2            | 1,2   | 5,45 | 1,55  | 4,54 |
| 3            | 1,18  | 5,52 | 1,50  | 4,56 |
| 4            | 1,15  | 5,56 | 1,48  | 4,58 |

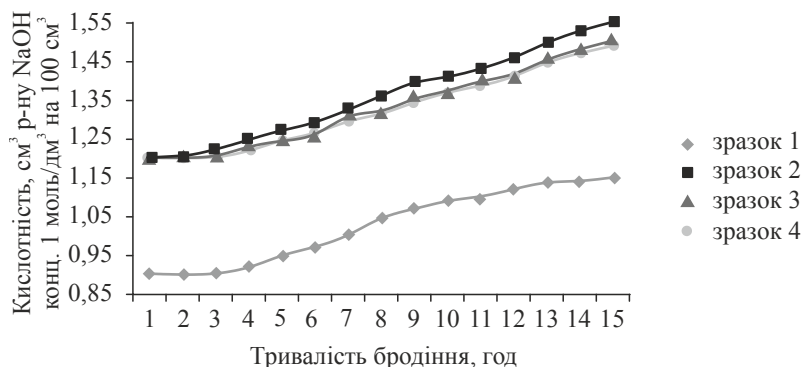


Рис. 3. Динаміка зміни титрованої кислотності квасного сусла в процесі бродіння

Встановлено, що контрольний зразок мав найбільшу активну кислотність сула (рН 5,94) та найнижчу титровану кислотність, що значно перевищувало оптимальне значення для здійснення дріжджами спиртового бродіння. Це безпосередньо пов'язано з використаною водою, у якій були найвищі показники загальної жорсткості і лужності.

Наростання кислотності квасного сула у всіх зразках не досягло необхідних нормативних значень (2...4 см<sup>3</sup> розчину NaOH конц. 1 моль/дм<sup>3</sup> на 100 см<sup>3</sup> середовища). Це пояснюється тим, що процес бродіння відбувався тільки за участі дріжджів, а при спиртовому бродінні органічні кислоти утворюються у невеликій кількості, зокрема молочна — як проміжний продукт гідролізу фосфогліцеринового альдегіду. Отже, при купажуванні квасу контрольного зразка потрібно в середньому на 23,5% більше молочної або лимонної кислоти, якщо порівняти з дослідними зразками.

Квас має наближене до фізіологічних потреб людини значення окисно-відновного потенціалу (ОВП), що пояснюється наявністю природних антиоксидантів у його складі — фенольних сполук і вітамінів. При виробництві напоїв значення ОВП не регламентується, однак при їх вживанні відіграє важливу роль в організмі людини. Напої з ОВП близьким до клітин організму людини краще засвоюються і, відповідно, мають біологічну сумісність. При цьому заощаджується енергія клітинних мембран на корекцію активності електронів.

На рис. 4 наведено ОВП води, сула в процесі бродіння та готового квасу, приготовленого на різних зразках води.

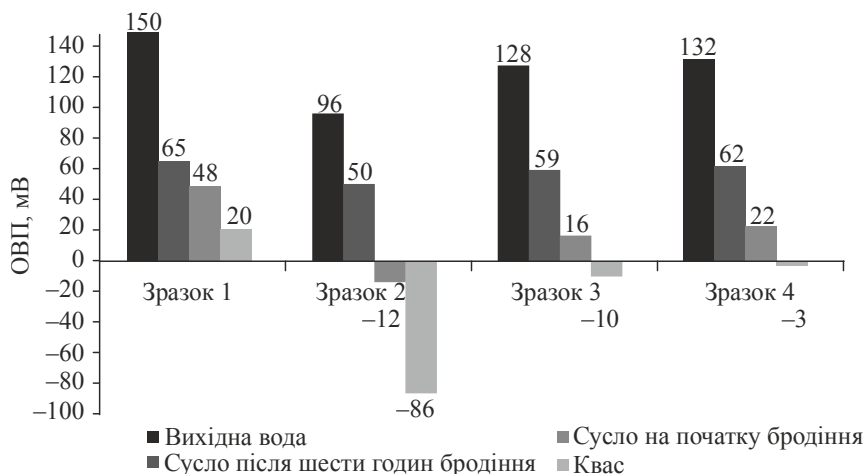


Рис. 4. Зміна окисно-відновного потенціалу на різних стадіях приготування квасу

Встановлено, що використання досліджених матеріалів при підготовці води для приготування хлібного квасу дало змогу суттєво знизити окисно-відновний потенціал води (на 54 мВ) та готового продукту (на 106 мВ) і наблизити його до оптимальних для клітин організму людини значень — від -100 мВ до -200 мВ [10—13]. Найменше значення ОВП спостерігали при обробці води у послідовності клиноптилоліт, активне вугілля, гірський кришталь.



## Висновки

1. Використання природних мінералів та активного вугілля при підготовці води дає змогу скоротити процес зброджування квасного суслу в середньому на 13,3% та мутність готового напою на 5...11%.
2. Для дослідних зразків визначена оптимальна температура бродіння суслу — 32...36°C при використанні дріжджів *Saccharomyces cerevisiae* МП-10.
3. При підготовці води для виробництва хлібного квасу вихідну воду доцільно обробляти природними матеріалами у послідовності кліноптилоліт, активне вугілля, гірський криштал. При цьому досягається максимальне зниження окисно-відновного потенціалу води та готового продукту.

## Література

1. Технологія безалкогольних напоїв: підруч. / В.Л. Прибильський, З.М. Романова, В.М. Сидор та ін.; за ред. докт. техн. наук, проф. В.Л. Прибильського. — Київ : НУХТ, 2014. — 312 с.
2. Інноваційні технології продуктів бродіння і виноробства: підруч. / С.В. Іванов, В.А. Домарецький, В.Л. Прибильський та ін. // За заг. ред. д-ра хім. наук, проф. С.В. Іванова. — Київ : НУХТ, 2012. — 487 с.
3. Наукове обґрунтування технології функціональних напоїв на основі пряно-ароматичних рослин [Електронний ресурс]. — Портал харчової промисловості «Харчовик» — 16.05.2007р. — Режим доступу : <http://www.harchovyk.com/content/detail/13>.
4. На полицях — здорова їжа! [Електронний ресурс]: Портал харчової промисловості «Харчовик» — 25.06.2010р. — Режим доступу : <http://www.harchovyk.com/ru/content-detail/366>
5. Орлова В.О. Водочистні фільтри із зернистою засипкою / В.О. Орлова — Рівне : НУВГП, 2005. — 163 с.
6. Митченко, Т. Сегодня и завтра водоподготовки / Т. Митченко // Вода и водоочистные технологии. — 2015. — № 4(78). — С. 4—10.
7. Tokuno S. Granular Activated Carbon Filtration and Nitrification // Water Utilities Laboratory for the City of Corpus Christi Texas. — 2000. — # 12. — P. 1—52.
8. Активне вугілля у водоготуванні для виготовлення напоїв / С.І. Олійник, В.Л. Прибильський, А. М. Куц та ін. // Харчова наука та технологія. — 2014. — № 3(28). — С. 36—42.
9. Цеолиты — минералы XXI века / Сантехника, отопление, кондиционирование, 2004. — № 4. — С. 50—52.
10. Williams J. B., Williams L., Baldwin N. et al. Proc. Nat. Conf. on Environ. Sci. and Technol. (Greensboro, N.C., September 8—10, 2002). — Columbus (Ohio): Richland Battelle, 2003. — P. 91 — 98.
11. Tremblay C.V., Beaubien A., Charles P.N. James A. Water Sci. and Technol. — 1998. — 38, # 6. — P. 121—128.
12. Oxidation-reduction potential (ORP)/REDOX, Application Bulletin, Myrol L. Company, 2007.
13. Suslow T.V. Introduction to ORP as the standard of postharvesters water disinfection monitoring, US Davis Vegetable Research and Information Center. — <http://vric.ucdavis.edu/veginfo/foodsafety/orp.pdf>.

**MEKHANOCHEMICAL METHOD FOR ACTIVATION OF VANADIUM OXIDE (V)**

V. Fomenko, O. Kronikovsky

*National University of Food Technologies***Key words:***Ball milling  
Nanotubes  
Intercalation  
Structure  
Vanadium oxide***Article history:**Received 12.07.2018  
Received in revised form  
03.08.2018  
Accepted 22.08.2018**Corresponding author:**V. Fomenko  
**E-mail:**  
npnuht@ukr.net**ABSTRACT**

Oxide materials that contain an oxide nanopipes of (OH) are characterized by heterogeneity of nanoparticles except (OH) contain other nanosize units, such as ribbons, filaments and others. Materials on the basis of (OH) are got mainly by the hydrolysis of connections of metals at temperatures to 180°C. Further researches in the field of the synthesis of pseudounidimensional (1D) structures are related to the necessity of the detailed study of mechanisms of origin and height of these structures. In addition, such researches have an aim to create new more accessible methods of forming homogeneous nanoparticles of mproducts. One of such objects there is vanadium oxide ( $V_2O_5$ ), that is used as a selective catalyst and semiconductor in ceramics for transistors, and also as material of lithium accumulators. To this day oxide of vanadium of tubular nanomorphology (H-VO) of ) was got as a result of long hydrothermal (to 10 twenty-four hours) treatment (~180°C) of water solutions of such connections as  $V_2O_5$ ,  $VOCl_3$ ,  $HVO_3$  in a presence (KH) as templant (inert substance that is responsible only for forming form and size of nanoparticles of product), and also with the obligatory presence of ammonia. The results of studying the microstructure of vanadium oxide formed during grinding of standard sample of  $V_2O_5$  in a planetary mill in the presence of ethanol are presented. Received samples were studied by methods of IR specktroscopy and XRD analysis. The morphology is investigated by methods of scanning and transmission electron microscopy, and the microstructure — by method of high-resolution transmission electron microscopy. The length of nanotubes is comparable with that of crystals of an initial  $V_2O_5$  powder. The formation of V-containing monolayers, scrolling of which leads to the formation of  $V_2O_5$  nanotubes, most likely proceeds due to a plastic deformation of the  $V_2O_5$  crystal lattice. The intercalation of alcohol molecules into the interplanar space of the  $V_2O_5$  crystall causes deformation of crystals with formation of nanosized cleavage subjects which size and morphology can be considered as nanochemical.

## МЕХАНОХІМІЧНИЙ СПОСІБ АКТИВАЦІЇ ВАНАДІЙ ОКСИДУ (V)

В.В. Фоменко, О.І. Кроніковський

Національний університет харчових технологій

Оксидні матеріали, які містять оксидні нанотрубки (ОН), характеризуються великою неоднорідністю наночастинок, оскільки, крім (ОН), містять інші нанорозмірні структурні одиниці, такі як стрічки, нитки тощо. Матеріали на основі (ОН) отримують переважно гідролізом сполук металів при температурах до 180°C. Подальші дослідження у сфері синтезу псевдодномірних (1D) структур пов'язані з необхідністю детального вивчення механізмів зародження та росту цих структур. Крім того, такі дослідження мають за мету створити нові, більш доступні методи формування однорідних за формою наночастинок продуктів. Одним з таких об'єктів є ванадію оксид  $V_2O_5$ , який здавна використовується як селективний каталізатор та напівпровідник у кераміці для транзисторів, а також як матеріал літєвих акумуляторів.

Донині оксид ванадію трубчастої наноморфології (H-VO) був отриманий в результаті довгої гідротермальної (до 10 діб) обробки (~180°C) водних розчинів таких сполук, як  $V_2O_5$ ,  $VOCl_3$ ,  $HVO_3$  за наявності (KH) як темпланта (інертної речовини, яка відповідає тільки за формування форми та розміру наночастинок продукту), а також з обов'язковим додаванням аміаку. Наведено результати дослідження зміни структури ванадій оксиду, отриманого під час розмолу стандартного зразка цього оксиду у планетарному млині за участі етанолу. Отримані зразки досліджені методами інфрачервоної спектроскопії та рентгенофазового аналізу, також оцінена питома поверхня методом хроматографії. Методами скануючої та трансмісійної електронної мікроскопії показано, що в ході розмолу вихідна структура оксиду руйнується з утворенням нанотрубок, довжина яких аналогічна довжині складових вихідного ванадій оксиду. Утворення ванадійвмістних моношарів, які лежать в основі структури нанотрубок, найбільш імовірно відбувається за рахунок деформації вихідної кристалічної структури ванадій оксиду. Інтеркаляція молекул етанол в міжплощинний простір кристалів оксиду спричиняє деформацію кристалів, з утворенням нанорозмірних об'єктів, розмір і морфологія яких можуть бути означені як нанохімічні.

**Ключові слова:** ванадію оксид (V), активація, шаровий млин, інтеркаляція, структура, нанотрубки.

**Постановка проблеми.** З моменту отримання та описання матеріалів, побудованих з так званих наночастинок, які мали незвичкі фізико-хімічні властивості, потік досліджень таких матеріалів та способів їх отримання досяг лавиноподібної форми, яким залишається і досі. Перші дослідження на цю тему стосувалися отримання наноформ карбону (KH), але надалі фронт досліджень розширився на інші технологічно важливі речовини: метали,

інтерметаліди, оксиди, сульфіді, силіциди тощо. На основі цих досліджень була сформована картина галузей використання цих наноматеріалів і досягнутий великий прогрес у багатьох царинах науки й технологій [1]. Синтез вищезазначених сполук відбувається при підвищеній температурі за участі пароподібних компонентів і регульованому режимі. Однак оксидні матеріали, які містять оксидні нанотрубки (ОН), характеризуються великою неоднорідністю наночастинок, оскільки крім (ОН) містять інші нанорозмірні структурні одиниці, такі як стрічки, нитки тощо.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Матеріали на основі (ОН) отримують переважно гідролізом сполук металів при температурах до 180°C. Подальші дослідження у сфері синтезу псевдоодномірних (1D) структур пов'язані з необхідністю детального вивчення механізмів зародження та росту цих структур [2]. Крім того, такі дослідження мають за мету створити нові більш доступні методи формування однорідних за формою наночастинок продуктів. Очевидно, що перш за все об'єктами таких досліджень стають вже широко використовувані в технологіях об'єкти з метою покращення їхніх властивостей.

Одним з таких об'єктів є ванадію оксид  $V_2O_5$ , який здавна використовується як селективний каталізатор та напівпровідник у кераміці для транзисторів, а також як матеріал літєвих акумуляторів.

Донині оксид ванадію трубчастої наноморфології (Н-VO) був отриманий в результаті довгої гідротермальної (до 10 діб) обробки (~180°C) водних розчинів таких сполук як  $V_2O_5$ ,  $VOCl_3$ ,  $HVO_3$  за наявності (КН) як темплати (інертної речовини, яка відповідає тільки за формування форми та розміру наночастинок продукту), а також з обов'язковим додаванням аміаку або амінів як молекулярних темплатів, які визначають структуру синтезованих наночастинок [3—8]

Подальша обробка VO-Н від темплатів має різний механізм дії. Якщо (КН) темплати повністю видаляються при прожарюванні вихідного продукту при 700°C на повітрі, то молекулярні темплати інтеркалюються в шари ванадій-оксиген істотно (в 4—9 разів) збільшуючи міжплощинні відстані до 1,7—3,8 нм (залежно від типу аміну). Довжина Н-VO сягає до 15 мкм при зовнішньому діаметрі 15—150 нм та внутрішньому 5—50 нм. Хімічний склад таких нанотрубок описаний як  $VO_x(C_nH_{2n} + 4N)_y$ , де  $0,28 < x < 2,47$ ;  $0,25 < y < 0,3$  (звичайно, що це занадто приблизна формула, яка відображає лише брутто склад матеріалу, а не атомну структуру трубки)

Н-VO трубки принципово відрізняються від КН трубок не тільки зростанням (порівняно із шарами  $V_2O_5$ ) міжплощинних відстаней, але й формою частинок: якщо для КН це закриті циліндри, то Н-VO утворюються у вигляді спіралевидних шарів, кінці яких відкриті. Кількість таких шарів і товщина стінок Н-VO визначається природою темплати аміна.

Також було встановлено [9], що розміри та форма Н-VO трубок істотно залежать від рН середовища при гідротермальному синтезі за наявності аміаку й аміну.

З наведених вище даних видно, що чисті, неінтерколювані трубки Н-VO не були отримані. Тому питання отримання неінтерколюваних Н-VO трубок на основі  $V_2O_5$  є цікавим для дослідження їхніх властивостей. Це базувалося

на факті, що були отримані незвичайні результати з істотного підвищення каталітичної активності оксиду ванадію при їх механоактивації у таких дисперсних середовищах, як етанол та вода [10;11]. При цьому були висунуті гіпотези, що механоактивація  $V_2O_5$  в етанолі обумовлює високу каталітичну активність продукта за рахунок деформації кристалічної ґратки при входженні в міжшаровий простір  $V_2O_5$  молекул етанолу. У випадку механоактивації  $V_2O_5$  з водою підвищення каталітичної активності пов'язувалося з утворенням на поверхні  $V_2O_5$  поліванадатних кислот ( $V_6O_{17}$  або  $V_6O_{16}$ ).

**Мета дослідження:** дослідити утворення нанотрубок Н-VO з діаметром 150—250 нм в умовах більш «м'якого» способу механохімічного диспергування кристалів оксиду ванадію.

**Викладення основних результатів дослідження.** Як об'єкт дослідження був взятий стандартний порошок  $V_2O_5$  (ч.д.а.), який підлягав механохімічній обробці у високошвидкісному планетарному млині зі сталевими барабанами та кулями. Змінні параметри експерименту – маса наважки оксиду ванадію, об'єм дисперсного середовища (етанолу або води) та час механообробки (5—30 звинин). Кожен механоактивований зразок досліджувався за допомогою скануючого мікроскопа (Hitachi-4000; 5kV) та трансмісійного мікроскопа (Philips CM200 LaB6 і 200 kV), ІЧ спектроскопа (Specord 75 IR) в межах  $400—4000\text{cm}^{-1}$ , а також дифрактометра (ДРОН-УМ1;  $\text{Cu K}\alpha$ ). Питому поверхню зразків визначали методом десорбції азоту на приладі Газохром-1.

З аналізу зображень зразків, отриманих у скануючому мікроскопі (вихідний зразок  $V_2O_5$ ; зразок механоактивований на повітрі протягом 10 хвилин; дисперговані відповідно у воді та етанолі протягом 10 хвилин і нарешті – дисперговані відповідно у воді та етанолі протягом 30 хвилин) дає можливість зробити певні узагальнення. Так, у початковий період диспергування в етанолі кристали  $V_2O_5$  руйнуються у формі частинок асиметричної форми розміром  $0,2 \times 2 \mu\text{m}$ . Про це також свідчить істотне зростання питомої поверхні зразка (приблизно у 1,5 раза). Диспергування у воді показує, що порівняно зі зразками в етанолі дисперговані зразки мають більші розміри та іншу форму, більше наближену до сферичної з діаметром до 4—5  $\mu\text{m}$ , що може свідчити не тільки про руйнування структурних одиниць вихідного  $V_2O_5$ , а й про утворення на поверхні кристалів  $V_2O_5$  поліванадат-іонів аморфного характеру. Зі зростанням часу диспергування вміст більш дрібних пластинок (50—100 нм) істотно зростає і нарешті при максимальному часі помолу були отримані зразки, в яких поряд з пластинками виникають анізотропні частинки у формі довгих (більше 400 нм) та тонких (50 нм) стрижнів, які в об'ємі зразка розміщені відносно однорідно. Ці частинки можна було спостерігати і у знімках, отриманих за допомогою трансмісійної електронної спектроскопії ТЕМ. З ТЕМ зображень можна зробити висновки, що прутки являють собою нанотрубки. Можна припустити, що ці трубки формуються за рахунок «скручування» ванадій-оксигенного йоношару вихідного зразка  $V_2O_5$ . Довжина цих трубок не перевищує довжину кристалів вихідного  $V_2O_5$ . Скручування V-O шару відбувається немов би на тонкому стрижні (5 нм), який помітно відображається по всій довжині нанотрубки.

Міжплощинні відстані в нанотрубках відповідають близько 0,81 нм, що приблизно вдвічі більші ніж міжплощинні відстані у вихідному V205, але вдвічі менші ніж у зразках, отриманих за участі амінів, де відбувається інтеркаляція амінів у структуру при отриманні Н-VO трубок. Це свідчить, про те що механообробка з етанолом дозволяє отримати іншу структуру, ніж у гідротермальному синтезі за участі темплатів амінів.

Інтеркалювання молекул етанолу в міжплощинні шари V-O приводить до більш легкого руйнування площин та утворення нових V-O шарів, де октаедрична координація атому ванадію змінюється на іншу, що може привести до деформації зв'язків V-O.

З ІЧ спектрів вихідного (0 хвилин) та механоактивованих (10, 20, 30 хв) зразків очевидно, що форма та інтенсивність лінії, характерної для поглинання V=O зв'язка істотно змінюється в часі, що відповідає утворенню нанотрубок. Ця лінія розщеплюється на дві: більш інтенсивну при  $1020\text{cm}^{-1}$  та менш інтенсивну при  $1000\text{cm}^{-1}$ . Лінія  $820\text{cm}^{-1}$ , яка відповідає коливанням зв'язків V-O-V можуть свідчити про деформації, пов'язані зі зміною координації атомів ванадію.

Аналіз дифрактограм зразків дає можливість припустити, що деформація та руйнування вихідних кристалів V205 відбувається переважно по кристалографічних площинах (010) та (110). Найбільш істотно зменшується інтенсивність рефлекса дифрактограми, що відповідає площинам (110) в початковий момент диспергування. Тільки в етанолі деформація кристалів V205 у пасі веде переважно до зміни інтенсивності рефлекса (010), а не рефлекса (110), яка спостерігається для зразків, диспергованих у воді. В цій ситуації можна було припустити, що молекули етанолу інтеркалюють у міжплощинний простір V205. Це, у свою чергу, веде до послаблення зв'язків між сусідніми V-O шарами (010) та утворення тонких пластинок, які надалі, як показали електронномікроскопічні знімки, скручуються у нанотрубки.

## Висновки

Отже, за результатами проведеного дослідження можна зробити висновок, що нанотрубки оксиду ванадію Н-VO можна отримати не тільки в умовах жорсткого та довгого процесу гідротермального синтезу, але й в умовах більш «м'якого» способу механохімічного диспергування кристалів оксиду ванадію. Це й не дивно, бо механічна енергія, яка виділяється під час зіткнення сталевих куль і зразка оксиду, не менша, ніж енергія, що отримується від нагріву та реакції під час гідротермального синтезу.

## Література

1. *Захаров Г.С.* Нанотрубки и родственные наноструктуры оксидов d-металлов / Г.С. Захаров, В.Л. Волков, В.В. Ивановская, А.Л. Ивановский // *Успехи химии.* — 2005. — 7. — С 651—685.
2. *Patzke G.R., Krumeich F., Nesper R.* Oxide Nanotubes and Nanorobs— Anisotropic Modules for a Future Nanotechnology // *Angew. Chem. Int. Ed.* — 2002. — 41. — P. 2446—2461.
3. *Ajayan P.M., Stephan O., Redlich P., Colliex C.* Carbon nanotubes as removable templates for metal oxide nanocomposites and nanostructures // *Nature.* — 1995. — 375. — P. 564.

4. Muhr H.J., Krumeich F., Schonholzer U.P. et al. Vanadium Oxide Nanotubes. A New Flexible Vanadate Nanophase // *Adv.mater.* — 2000. — 12. — P. 231—236.
5. Xing Chen, Xiaoming Sun, Yadong Li. Self-Assembling vanadium oxide nanotubes by organic molecular templates // *Inorg. Chem.* — 2002. — 47. — P. 4524—4530.
6. Chandrappa G.T., Steunou N., Cassaignon S. et al. Hydrothermal synthesis of vanadium oxide nanotubes from V<sub>2</sub>O<sub>5</sub> gels // *Cat Today.* — 2003. — 78. — P. 85—89.
7. Wen Chen, Junfeng Peng, Liqiang Mai et al. Syntesis of vanadium oxide nanotubes from V<sub>2</sub>O<sub>5</sub> sols // *Material Lett.* — 2004. — 58. — P. 2275—2278.
8. Krumeich F., Muhr H.J., Niederberger M. et al. The Cross-Sectional Structure of Vanadium Oxide Nanotubes Studied by Transmission Electron Microscopy and Electron Spectroscopic Imaging // *Mater.Res. Soc.Symp. Proc.* — 2000. — 581. — P. 393—398.
9. Pillai K.S., Krumeich., Muhr H.J. et al. The first oxide nanotubes with alternating interlayer distances // *Solid State Ionics.* — 2001. — 141—142. — P. 185—190.
10. Харламов А.И. Новый способ получения углеродных нанотрубок / А.И. Харламов, Н.В. Кириллова, А.А. Харламова // *Теорет. и exper. химия.* — 2002. — 6. — С. 347—352.
11. Ayub I., Su D., Willinger M. et al. Tribomechanical modification of Bi promoted vanadiy phosphate systems 1: An improved insight into structure-function relationship // *Phys.Chem.* — 2003. — 5. — P. 970—978.

## ДО ВІДОМА АВТОРІВ

### Шановні колеги!

Редакційна колегія журналу «Наукові праці Національного університету харчових технологій» запрошує вас до публікації наукових праць.

До друку приймаються рукописи, які раніше не були опубліковані в друкованих та електронних виданнях. Автор, який подає матеріали до друку, зберігає за собою всі авторські права та надає відповідному виданню право першої публікації, дозволяючи розповсюджувати даний матеріал із зазначенням авторства й джерела первинної публікації, а також погоджується на розміщення її електронної версії на сайті Національної бібліотеки ім. В.І. Вернадського та у відкритому доступі в електронній мережі університету і на сайті журналу <http://journal.nuft.edu.ua>. Автор надає право редакційній колегії на рецензування та відхилення поданих для опублікування матеріалів. В одному номері може бути опублікована лише одна стаття автора (як власна, так і в співавторстві).

У редакційно-видавничий відділ необхідно представити:

- файл статті;
- рецензію доктора наук певної галузі (за тематичною спрямованістю статті). Якщо один із авторів статті є доктором наук, то рецензія необов'язкова;
- роздруковку тексту статті, що відповідає наданому файлу;
- заяву з підписами автора(-ів) про те, що надіслана стаття раніше не друкувалася і не подана до будь-яких інших видань;
- витяг з протоколу засідання кафедри (підрозділу) з рекомендацією роботи до друку.

### ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ СТАТЕЙ

Статті подаються у вигляді вчитаних роздруковок на папері формату А4 (поля з усіх сторін по 2 см, Time New Roman, кегль 14, інтервал 1,5) та електронної версії (редактор Microsoft Word). У тексті статті не повинно бути порожніх рядків. Між словами допускається лише один пробіл. Усі сторінки тексту мають бути пронумеровані. Обсяг статті має бути не менший 15 тис. знаків і не перевищувати 24 тис. знаків (як виняток, не більше 40 тис. знаків).

### ПОСЛІДОВНІСТЬ СТРУКТУРНИХ ЕЛЕМЕНТІВ СТАТТІ

1. Індекс УДК.
2. Назва статті (англійською та українською мовами).
3. Ініціали та прізвища авторів англійською та українською мовами (не більше чотирьох авторів).
4. Анотація англійською та українською мовами (1 800 символів з пробілами). Анотація має містити коротку інформацію про мету, об'єкт та методику досліджень, основні результати й рекомендації щодо їх застосування.
5. Ключові слова (5—6 слів/ключових словосполучень англійською та українською мовами).
6. Структура текстової частини:
  - постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок з важливими практичними завданнями;
  - аналіз останніх досліджень і публікацій, на які спирається автор;
  - формулювання мети статті;
  - викладення основного матеріалу;
  - висновки і перспективи подальших наукових досліджень.
7. Після тексту статті в алфавітному або порядку цитування в тексті наводиться список літературних джерел (не менше п'яти джерел, не більше дванадцяти). Бібліографічні описи оформляються згідно з ДСТУ 8302:2015. У тексті цитоване джерело позначається у квадратних дужках цифрою, під якою воно стоїть у списку літератури. Бібліографічний опис подається мовою видання. Не допускається посилання на неопубліковані матеріали. У переліку джерел мають переважати посилання на наукові праці останніх років. Також слід обмежити посилання на власні публікації, оскільки це знижує наукову цінність статті та індекс цитування автора.