



---

---

2015

# НАУКОВІ ПРАЦІ

## НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

**Том 21 № 1**

*Журнал «Наукові праці НУХТ»  
засновано в 1993 році*

КИЇВ ✦ НУХТ ✦ 2015

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 (Ballot-paper of Higher Attestation Commission of Ukraine #1, 2010), 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  
Ukraine, Kyiv 01601

Recommended for publication by the Academic Council of the National University of Food Technologies. *Minutes of meeting # 5 of December, 2014*

© NUFT, 2015

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 (Бюлетень ВАК України № 1, 2010), в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук.

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

- Index Copernicus
- EBSCOhost
- CABI Full Text
- Universal Impact Factor
- Google Scholar
- Журнал рекомендовано Міністерством науки та вищої освіти Польщі для публікації результатів наукових досліджень.

**Адреса редакції:**

Національний університет  
харчових технологій  
вул. Володимирська, 68  
Київ 01601

Рекомендовано вченою радою Національного університету харчових технологій. Протокол № 5 від 05 грудня 2014 року

© НУХТ, 2015

## Редакційна колегія

Склад редакційної колегії журналу «Наукові праці»  
Національного університету харчових технологій

<b>Головний редактор</b> <b>Editor-in-Chief</b>	д-р тех. наук, проф., Україна Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
<b>Анатолій Українець</b> <b>Anatoliy Ukrainets</b>	
<b>Заступник головного редактора</b> <b>Deputy chief editor</b>	д-р екон. наук, проф., Україна Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
<b>Тетяна Мостенська</b> <b>Tatiana Mostenska</b>	
<b>Відповідальний секретар</b> <b>Accountable secretary</b>	канд. техн. наук, доц., Україна Ph. D. As., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
<b>Юрій Пенчук</b> <b>Yuriy Penchuk</b>	

## Члени редакційної колегії:

<b>Анатолій Зайнчковський</b> <b>Anatoly Zainchkovskiy</b>	д-р екон. наук, проф., Україна Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
<b>Анатолій Король</b> <b>Anatoly Korol</b>	д-р фіз.-мат. наук, проф., Україна Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
<b>Анатолій Ладанюк</b> <b>Anatoly Ladanyuk</b>	д-р техн. наук, проф., Україна Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
<b>Анатолій Сайганов</b> <b>Anatoly Sayganov</b>	д-р екон. наук, проф., Білорусь Ph. D. Hab., Prof., Institute of System Research in Agroindustrial Complex of NAS of Belarus, Belarus
<b>Анжей Ковальський</b> <b>Anzhey Kowalski</b>	д-р екон. наук, проф., Польща Ph. D. Hab., Prof., Institute of Agricultural and Food Economics, Poland
<b>Аннетта Зелінська</b> <b>Anetta Zielinska</b>	д-р екон. наук, проф., Польща Ph. D. Hab., Prof., Wroclaw University of Economics, Poland
<b>Брайан Мак Кенна</b> <b>Brian McKenna</b>	д-р техн. наук, проф., Ірландія Ph. D. Hab., Prof., University College Dublin, Ireland
<b>Віктор Доценко</b> <b>Victor Dotsenko</b>	д-р техн. наук, проф., Україна Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
<b>Віра Оболкіна</b> <b>Vera Obolkina</b>	д-р техн. наук, Україна Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
<b>Володимир Піддубний</b> <b>Vladimir Piddubnyi</b>	д-р техн. наук, Україна Ph. D. Hab., National University of Food Technologies, Ukraine
<b>Галина Чередниченко</b> <b>Galina Cherednichenko</b>	канд. педагог. наук, доц., Україна Ph. D. As., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
<b>Герхард Шльонінг</b> <b>Gerhard Schleining</b>	д-р техн. наук, Австрія Ph. D. Hab. Prof., University of Natural Resources, Austria

<b>Дайва Лескаускайте</b> <b>Daiva Leskauskaitė</b>	д-р техн. наук, проф., Литва Ph. D. Hab., Prof., Kaunas University of Technology, Lithuania
<b>Єлизавета Костенко</b> <b>Jelyzaveta Kostenko</b>	д-р хім. наук, Україна Ph. D. Hab., National University of Food Technologies, Ukraine
<b>Єлизавета Смірнова</b> <b>Jelyzaveta Smirnova</b>	канд. філол. наук, доц., Україна Ph. D. As., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
<b>Іван Малєжик</b> <b>Ivan Malezhuk</b>	д-р техн. наук, проф., Україна Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
<b>Кристина Сильва</b> <b>Cristina L.M.Silva</b>	д-р техн. наук, проф., Португалія Ph. D. Hab. Prof., University de Catolica, Portuguesa
<b>Лариса Арсенєвса</b> <b>Larisa Arsenyeva</b>	д-р техн. наук, проф., Україна Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
<b>Леонід Дегтярьов</b> <b>Leonid Dehtyaryov</b>	д-р хім. наук, проф., Україна Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
<b>Микола Прядко</b> <b>Mukola Pryiadko</b>	д-р техн. наук, проф., Україна Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
<b>Мирослава Штокало</b> <b>Miroslava Shtokalo</b>	д-р хім. наук, проф., Україна Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
<b>Михайло Мартиненко</b> <b>Michail Martynenko</b>	д-р фіз.-мат. наук, проф., Україна Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
<b>Олександр Бараненко</b> <b>Oleksandr Baranenko</b>	д-р техн. наук, проф., Росія Ph. D. Hab., Prof., National Research University of Information Technologies, mechanics and optics, Russia
<b>Олександр Бутнік-Сіверський</b> <b>Oleksandr Butnik-Siverskyi</b>	д-р екон. наук, проф., Україна Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
<b>Олександр Карпов</b> <b>Oleksandr Karpov</b>	д-р біол. наук, проф., Україна Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
<b>Олександр Перепелиця</b> <b>Oleksandr Perepelitsa</b>	д-р хім. наук, проф., Україна Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
<b>Олександр Полумбрик</b> <b>Oleksandr Polumbryk</b>	д-р хім. наук, проф., Україна Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
<b>Паола Піттія</b> <b>Paola Pittia</b>	д-р техн. наук, проф., Італія Ph. D. Hab. Prof., University of Teramo, Italy
<b>Петро Шнян</b> <b>Petro Shyian</b>	д-р техн. наук, проф., Україна Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
<b>Саверіо Манніно</b> <b>Saverio Mannino</b>	д-р хім. наук, проф., Італія Ph. D. Hab. Prof., University of Milan, Italy
<b>Тамара Говорушко</b> <b>Tamara Govorushko</b>	д-р екон. наук, проф., Україна Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
<b>Хууб Лелієвельд</b> <b>Huub Lelieveld</b>	Нідерланди Ph. D. Hab. Prof., President of the Global Harmonization Initiatives, Netherlands

## ЗМІСТ

### Автоматизація

- Дейнека І.Г., Ріполь-Сарагосі Т.Л., Бушкова Г.Б. Автоматизована лінія виробництва карамелі з перешарованими начинками 7  
Чорна Ю.О., Трезуб В.Г. Визначення кінетичних параметрів для процесу вирощування хлібопекарських дріжджів 15  
Луцька Н.М. Дослідження впливу вагових матриць на робастну стійкість оптимальної системи керування 21

### Біотехнологія і мікробіологія

- Даниленко С.Г. Зберігання культур молочнокислих мікроорганізмів 28  
Берегова Х.А. Вплив екзогенних попередників на синтез поверхнево-активних речовин за умов росту *Nocardia vaccinii* IMB B-7405 на промислових відходах 33  
Савенко І.В. Перспективи використання мікробних поверхнево-активних речовин у сільському господарстві і медицині 39  
Пирог Т.П., Олєфіренко Ю.Ю. Синтез екзополісахариду етаполану на соняшниковій олії залежно від якості инокуляту 46

### Економіка і соціальний розвиток

- Репіч Т.А. Сучасна споживча упаковка: проблеми підвищення логістичної ефективності 53  
Білан Ю.В., Байдецький П.Г. Державна політика у сфері зайнятості населення 60  
Сердюк Т.М. Стратегічний набір управління закупівлями сировини молокопереробними підприємствами 68  
Грбовська М. Роль іммігрантів на польському ринку праці 76  
Минко Л.М. Сутність і складові поняття конкурентоспроможності підприємства 86  
Микитенко А.М. Формування системи управління власним капіталом підприємства 93  
Мостенська Т.Л., Кундєєва Г.О. Суспільне здоров'я як об'єкт економічних досліджень 102  
Коткова Н.С. Тенденції розвитку виробництва і використання біоетанолу в Європейському Союзі 112  
Мостенська Т.Г. Продовольча безпека на рівні домогосподарств 121
- ### Процеси і апарати харчових виробництв
- Ялпачик О.В., Самойчук К.О., Буденко С.Ф. Моделювання процесів у робочій камері пальцевої зернової дробарки 134  
Гапонюк І.І. До уточнення моделі внутрішньокапілярної дифузії вологи 142  
Криворотко В.М. Особливості моделювання газорідних систем 152  
Зав'ялов В.Л., Деканський В.Є., Лобок О.П., Мисюра Т.Г. Математичне моделювання масообміну при віброекстрагуванні із рос-

## CONTENTS

### Automation

- Dejneka I., Ripol-Saragosi T., Bushkova G. Automated production line of caramel with interbedded fillings 7  
Chorna J., Trehub V. Determination of kinetic parameters for process of baking yeast growing 15  
Lutska N. Investigation of influence of weight matrices on robust stability of optimal control system 21

### Biotechnology and Microbiology

- Danylenko S. Store of cultures of lactic acid microorganisms 28  
Beregova K. Effect of exogenous precursors on biosurfactants synthesis under *Nocardia vaccinii* IMB B-7405 cultivation on industrial waste 33  
Savenko I. Perspectives of using microbial surface-active substances in agriculture and medicine 39  
Pirog T., Olefirenko Yu. Synthesis of ethapolan exopolysaccharide on the basis of sunflower oil depending on inoculum quality 46

### Enterprise Economy and Social Development

- Repich T. Modern consumer packaging: problems of increasing the efficiency of logistics 53  
Bilan Y., Baydetskiy P. State policy on employment 60  
Serdiuk T. Strategic set of management of raw materials purchase by dairy processing enterprises 68  
Grabowska M. Role of immigrants on Polish labour market 76  
Mynko L. Essence and features of enterprise competitiveness 86  
Mikitenko A. Formation of management system of the enterprise equity capital 93  
Mostenska T., Kundieieva G. Public health as an object of economic research 102  
Kotkova N. Trends of production and use of bioethanol in the European Union 112

- Mostenska T. Food security at the household level 121

### Processes and Equipment for Food Industries

- Yalpachik O., Samoychuk K., Budenko S. Process modeling in working chamber of finger grain-growing crusher 134  
Gaponyuk I. The study of updating the model of internal capillary diffusion of moisture 142  
Kryvorotko V. Features of gas-liquid systems modeling 152  
Zavialov V., Dekanskiy V., Lobok A., Misyura T. Mathematical modeling of mass transfer in vibroextraction from plant materials under

линної сировини в умовах комбінованої дії механічних коливань різної частоти

#### Тепло- і енергопостачання

169 *Brzhezitsky V.O., Masluhenko I.M., Trotsenko S.O., Krysenko D.S.* Апроксимація вольт-амперної характеристики обмежувачів перенапруг нелінійних

#### Технології гостинності

177 *Priszhzhniuk H.I., Lazorenko H.P.* Економічна доцільність використання геліосистем на базі готелю (на прикладі ПАТ «Прем'єр Палац», м. Київ)

#### Харчова хімія

182 *Nosenko T.T.* Вплив технологічних параметрів на втрати білків під час їх ізоелектричного осадження з екстрактів

189 *Kostenko S.S., Butenko O.M.* Дослідження комплексоутворюючих властивостей грибних порошоків стосовно іонів  $Pb^{2+}$ ,  $Cd^{2+}$  і  $Hg^{2+}$

#### Харчові технології

196 *Mank V.V., Shemanska S.I., Vinnichenko I.M., Levchuk I.V.* Сучасні напрямки покращення біологічної цінності спредів

202 *Roik M.V., Kuznetsova I.V., Zaharevich V.B.* Виробництво і використання стевії (*Stevia rebaudiana* Bertoni) у світі

208 *Solodko L.M., Simakhina G.O.* Оцінка впливу механоактивування на підвищення біодоступності компонентів протеїновмісних напівфабрикатів

215 *Orlyuk Y.U., Stepanischev M.I.* Дослідження ліполізу в сирі, що визріває за участі двох видів плісняви

220 *Koshova V.M., Reshetnyak L.P., Kuц A.M.* Дослідження впливу різних рас дріжджів на зброджування пивного суслу і якість готового пива

#### Хімічні науки

227 *Ischenko V.M., Ischenko M.V.* Визначення ємності сорбенту за іммобілізованою фосформолібденовою гетерополікислотою методом полуменевої атомно-абсорбційної спектроскопії

232 *Bolotin O.V., Tkach V.I., Ivchuk V.V., Podobiy O.V.* Електроаналітичні реакції при виділенні і визначенні суми основ алкалоїдів чистотілу великого (*Chelidonium majus* L.)

combined action mechanical vibrations of different frequencies

#### Heat and Electricity

169 *Brzhezitsky V., Masluhenko I., Trotsenko Ye., Krysenko D.* Approximation of volt-ampere characteristics of metal-oxide surge arresters

#### Hospitality Technologies

177 *Pryszhzhniuk N., Lazorenko N.* Economic feasibility of using solar power systems on the basis of a hotel (on the example of Premier Palace hotel, Kiev)

#### Food Chemistry

182 *Nosenko T.* Influence of technological parameters on protein losses during their isoelectric precipitation from extracts

189 *Kostenko E., Butenko E.* Study of complexable characteristics of mushroom powders for  $Pb^{2+}$ ,  $Cd^{2+}$  and  $Hg^{2+}$  ions

#### Food Technology

196 *Mank V., Shemanska Y., Vinnichenko I., Levchuk I.* Modern directions towards improving the biological value of spreads

202 *Roik M., Kuznetsova I., Zaharevich V.* Production and use of stevia (*Stevia rebaudiana* Bertoni) worldwide

208 *Solodko L., Simakhina H.* Evaluating the impact of mechanical activation on improving the bioavailability of components of protein-containing semi products

215 *Orlyuk U., Stepanischev M.* Study of lipolysis in blue veined brie

220 *Koshova V., Reshetnyak L., Kuts A.* Influence of different strains of yeasts on the process of beer wort fermentation and quality of prepared beer

#### Chemical Sciences

227 *Ischenko V., Ischenko M.* Determining the adsorption capacity of immobilized molybdophosphoric heteropoly acid by means of flame atomic absorption spectroscopy

232 *Bolotin A., Tkach V., Ivchuk V., Podobiy O.* Electroanalytical reaction when analyzing and determining the amount of celandine (*Chelidonium majus* L.) alkaloid bases

## **AUTOMATED PRODUCTION LINE OF CARAMEL WITH INTERBEDDED FILLINGS**

**I. Dejneka**

*Volodymyr Dahl East Ukrainian National University*

**T. Ripol-Saragosi, G. Bushkova**

*Branch of Moscow State University of Technologies and Management named after K.G. Razumovsky, Rostov-on-Don*

---

**Key words:**

*Hardware-flow diagram  
Boiling curves  
Quality of products*

---

**Article history:**

Received 22.09.2014

Received in revised form

12.10.2014

Accepted 22.10.2014

---

**Corresponding author:**

G. Bushkova

**E-mail:**

[npnuht@ukr.net](mailto:npnuht@ukr.net)

---

**ABSTRACT**

The article deals with the modern way of producing caramel with layered filling. A new technological scheme is proposed. Recommendations are presented for determining the optimum process parameters using graphics of boiling curves. The advantages of the proposed method in comparison with the conventional ones are shown.

## **АВТОМАТИЗОВАНА ЛІНІЯ ВИРОБНИЦТВА КАРАМЕЛІ З ПЕРЕШАРОВАНИМИ НАЧИНКАМИ**

**І.Г. Дейнека**

*Східноукраїнський національний університет ім. В. Дала*

**Т.Л. Ріполь-Сарагосі, Г.Б. Бушкова**

*філія Московського державного університету технологій і управління ім. К.Г. Розумовського у м. Ростові-на-Дону*

*У статті розглянуто сучасний спосіб виробництва карамелі з перешарованими начинками, запропоновано нову технологічну схему. Надано рекомендації щодо визначення оптимальних параметрів процесу за допомогою графіка кривих кипіння. Визначено переваги запропонованого способу порівняно з традиційними.*

**Ключові слова:** *апаратурно-технологічна схема, криві кипіння, якість продукції.*

**Постановка проблеми.** Анализ технологического процесса получения карамели с переслоенными начинками показывает, что общими недостатками существующих способов является их трудоемкость, периодичность процесса, получение карамели с нестабильной структурой.

Кондитерская промышленность — одна из важных отраслей экономики, которая призвана обеспечить устойчивое снабжение населения высококачественными продуктами питания в объемах и ассортименте, необходимых для формирования правильного, всесторонне сбалансированного рациона питания на уровне физиологически рекомендуемых норм потребления.

Эффективность развития кондитерской промышленности обеспечивается растущим спросом населения на кондитерскую продукцию и конкурентным потенциалом отрасли в условиях жесткой конкуренции. Кондитерские изделия — как мучные, так и сахаристые — являются продукцией ежедневного спроса.

Производство карамели составляет примерно 18 % от всего объема кондитерских изделий. В зависимости от начинок карамель делят на три основные группы: карамель с жидкими начинками, густыми (высоковязкими) и комбинированными. Наибольшая по объему группа карамели — это карамель с жидкими начинками, которая составляет более 50 % от общего выпуска. Производство этой группы наиболее механизировано и выполняется на поточных линиях. Группа карамели с высоковязкими жиросодержащими начинками включает изделия с масляно-сахарными, ореховыми и шоколадно-ореховыми начинками и, в основном, представлена карамелью с переслоенными начинками. Эта группа имеет наиболее высокую пищевую ценность и составляет около 20 % от общего выпуска.

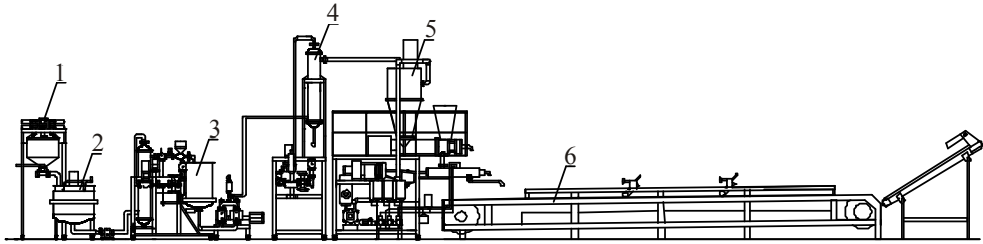
Производство карамели с переслоенными начинками выполняется на полумеханизированных линиях и связано с большой трудоемкостью. Более высокие трудозатраты при производстве карамели с переслоенными начинками, чем карамели с жидкими начинками, в первую очередь, обусловлены высокой трудоемкостью операции транспортирования и дозирования густых начинок, а также образования начинки переслоенной карамельной массой.

Дальнейшее развитие производства группы карамели с переслоенными начинками связано с необходимостью внедрения механизированных процессов дозирования и транспортирования густых начинок с целью создания непрерывного способа подачи густых начинок, непрерывного формования многослойного батона и выработки карамели высокого качества. При возрастающих масштабах производства карамели с переслоенными начинками разработка указанных способов и внедрение новой технологии производства, позволяющей механизировать процесс, снизить трудозатраты, увеличить выпуск этих изделий, улучшить качество является актуальной задачей, представляющей значительный интерес для отрасли.

**Целью работы** явилась разработка новой технологической схемы производства карамели с переслоенными начинками, позволяющей интенсифицировать производственный процесс и тем самым увеличить выпуск продукции, улучшить качество и снизить трудоемкость.

**Изложение основного материала.** Рассмотрим производство карамели с переслоенными начинками на линии Клёкнер Хэнзел Процессинг (рис. 1). Эта линия позволяет максимально механизировать и автоматизировать процесс производства карамели.





**Рис. 1. Аппаратурно-технологическая схема производства карамели:**

1 — установка автоматического взвешивания компонентов «КОНТИГРАВ»; 2 — резервуар для сиропа; 3 — предварительный варочник; 4 — окончательный варочник «РОТАМАТ»; 5 — выгрузная система «СУКОМА»; 6 — охлаждающий транспортер

Приготовление карамельного сиропа состоит из следующих этапов:

- взвешивание сырья;
- приготовление однородной массы и предварительное растворение кристаллов сахара;
- окончательное растворение кристаллов сахара.

Взвешивание сахара, патоки и воды, необходимых для приготовления сиропа, осуществляется в установке «КОНТИГРАВ» (1) в автоматическом режиме. Далее рецептурная смесь порционно сливается в резервуар для сиропа (2).

В резервуаре масса равномерно перемешивается и затем насосом перекачивается в предварительный варочник (3), в котором растворяются еще имеющиеся в сиропе кристаллы сахара. Масса растворяется и уваривается при температуре (110—114) °С. Предварительный варочник состоит из Кросс-Флоу варочника, выпарного сосуда, насосов и паровой станции. Сироп непрерывно качается сквозь Кросс-Флоу варочник в выпарной сосуд и далее сквозь окончательный варочник (4). Время пребывания сиропа в Кросс-Флоу варочнике 30—90 секунд. Общеизвестно, что для получения высококачественных светлых карамельных сиропов необходимо свести к минимуму время воздействия высоких температур. Массовая доля редуцирующих сахаров при этом должна быть в пределах 12—14 %. Варку сиропов производили по разным рецептурам. Соотношение весовых частей сахара и патоки брали 100:80; 100:90 и 100:100 соответственно. Наиболее качественные сиропы получались по рецептуре, представленной в табл. 1.

*Таблица 1. Рецептура карамельного сиропа*

Наименование сырья и полуфабрикатов	Массовая доля сухих веществ	Расходы сырья, кг	
		На 1 т полуфабриката	
		В натуре	В сухих веществах
Сахар	99,85	553,20	552,37
Патока	78,0	553,20	431,49
Итого	—	1106,4	983,86
Выход	97,5	1000,0	975,0

Как показали практические исследования, проводимые на ЗАО «Донская кондитерская фабрика», увеличение количества патоки в карамельных сиропях

до процентного соотношения 100:100 позволило достичь требуемого содержания редуцирующих сахаров за минимально возможное время уваривания.

В процессе уваривания карамельного сиропа на конце желоба выпарного сосуда датчик измеряет температуру предварительной варки. В окончательном варочнике масса уваривается до остаточного содержания влаги 1,5—3 % (определяется автоматически, фиксируется на мониторе). После окончательного варочника масса попадает в выпарной сосуд. Образующийся при варке вторичный пар удаляется из аппарата.

Приготовление карамельной массы осуществляется в главном (окончательном) варочнике «РОТАМАТ» роторного типа (4). Роторные варочные системы делают возможным непрерывную и быструю варку сахарных растворов и молочносодержащих масс. В «РОТАМАТЕ» вращается цилиндрический ротор в статоре с двойной стенкой. Предварительно растворенная сахарная масса или сахарная масса с молоком прокачивается в зазоре между ротором и статором.

Для варки жидкой среды двойная рубашка статора снабжается паром. Через поверхность статора теплота передается жидкой среде. Температура варки определяется в зависимости от давления пара и производительности, контролируется температурным датчиком.

Далее масса попадает в выгрузную и смешивательную систему «СУКОМА» (5), представляющую собой вакуумную камеру в специальном исполнении, включающую электронный контроль температуры и цифровую индикацию температуры. Из вакуумной камеры, через днище, в котором установлен специальный выгрузной шнек, масса непрерывно подается в смесительный шнек. Система «самоуплотняющаяся», позволяющая обеспечивать непрерывную выгрузку карамельной массы при поддержании постоянного уровня вакуума. На смесительном шнеке установлены дозаторы для кислоты, ароматизаторов и красителей. Конструкция шнека обеспечивает однородное распределение компонентов в массе.

Выгрузная система позволяет осуществлять процесс непрерывной аэрации карамельных масс сжатым воздухом таким образом, что достигается эффект «тянутой» карамели без применения тянущих машин. В результате вышеописанных технологических процессов карамельная масса содержит:

- содержание сухих веществ — 2,5 %;
- содержание редуцирующих веществ — 21,5 %.

Температура карамельной массы составляет 100—105 °С.

Полученная масса является «тянутой», окрашена в розовый цвет, ароматизирована. Для поддержания качества карамельной массы по содержанию сухих веществ в соответствии с требованиями нормативно-технической документации (ГОСТ на карамель, рецептуры и др.) технологам рекомендуется на стадии уваривания пользоваться графиком кривых кипения фирмы Клёкнер Хэнзел Процессинг (рис. 2).

С помощью данного графика технолог с высокой степенью точности может задать необходимые параметры уваривания карамельной массы для гарантированного качества.

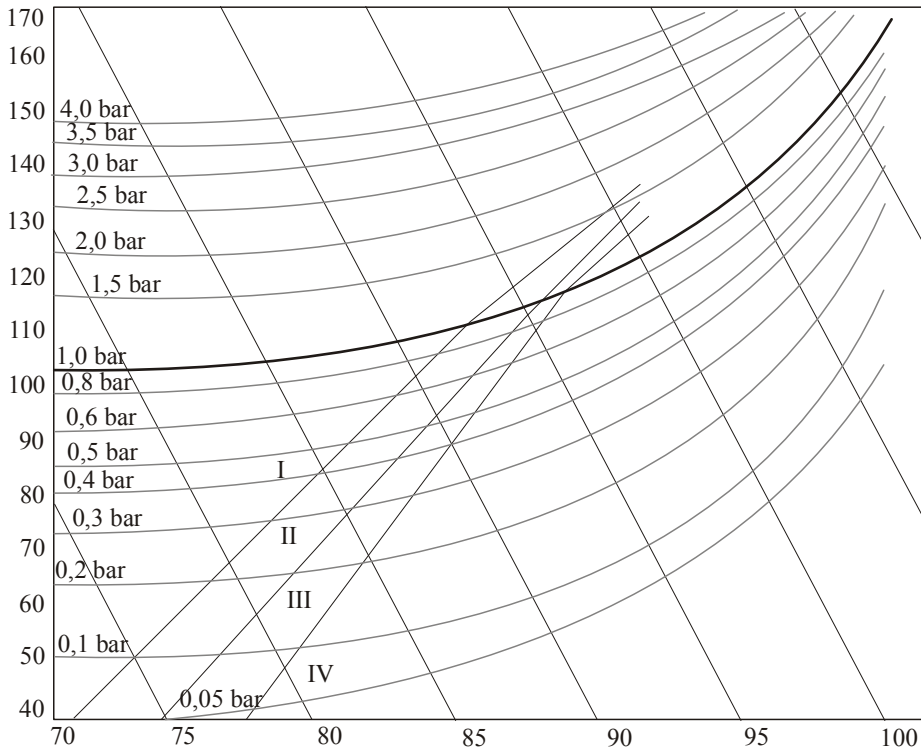


Рис. 2. График кривых кипения

По оси ординат данного графика откладывается температура уваривания, а по оси абсцисс — массовая доля сухих веществ. Цифрами I, II, III, IV обозначены зоны состояния карамельной массы:

- I — зона ненасыщенной карамельной массы;
- II — зона метастабильной карамельной массы;
- III — зона переменной карамельной массы;
- IV — зона нестабильной карамельной масс.

После уваривания карамельная масса попадает на бесконечный охлаждающий и темперирующий транспортер из нержавеющей стали (6). Охлаждающий транспортер с водяной темперирующей системой и специальными направляющими устройствами обеспечивают постоянную температуру и вязкость массы, требуемые для данного вида продукции. При производстве кашированной карамели к смесительному шнеку присоединяется устройство с двумя патрубками для подачи массы на охлаждающий транспортер. Выгружаемую карамельную массу делят на две части. Одна часть в количестве примерно 40 % предназначена для оболочки. Вторая часть (60 %) — для переслаивания с начинкой. На транспортере масса проходит под пластинами, которые придают ей форму ленты. Толщина и ширина ленты карамельной массы может регулироваться зазором между пластиной и транспортером, а также скоростью движения транспортера, что позволяет поддерживать нужную температуру массы и соотношение карамельной массы и начинки.

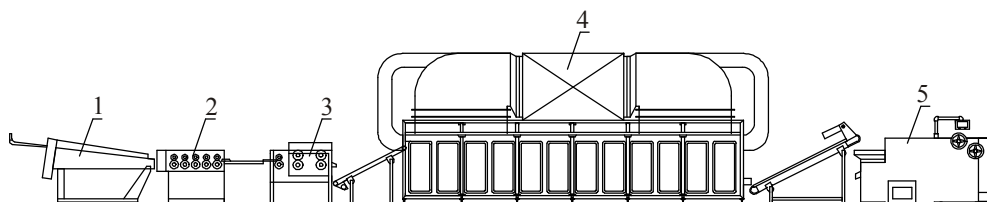
Следующим технологическим этапом производства готового продукта является получение переслоенной карамельной массы с предварительной подготовкой различных видов начинки. Рассмотрим два варианта рецептур начинки: с использованием орехов и безореховую (масляно-прохладительную).

*Вариант 1.* Производство карамели с переслоенной ореховой начинкой.

*Таблица 2. Рецептура ореховой начинки*

Наименование сырья и полуфабрикатов	Массовая доля сухих веществ	Расходы сырья, кг	
		На 100 кг полуфабриката	
		В натуре	В сухих веществах
Сахарная пудра	99,85	59,5	59,41
Жженка	80,0	1,25	1,0
Какао тертое	97,4	16,67	16,23
Эквивалент какао-масла	100,0	5,43	5,43
Ядро арахиса жареное тертое	97,5	15,7	15,3
Эквивалент какао-масла (на разводку массы)	100,0	2,71	2,71
Ароматизатор ванильный	—	0,1	—
Итого	—	101,36	100,08
Выход	98,7	100,00	98,7

Начинка готовилась по классической технологической схеме на меланжере и пятиялковой мельнице. Разводка начинки, ароматизация и темперирование производились в температурной машине, затем масса подавалась в расходную емкость и из неё насосом на карамельную ленту, движущуюся по охлаждающему транспортеру. При необходимости (в зависимости от содержания жира в орехах и дисперсности массы) в начинку добавлялся лецитин в количестве 0,1—0,3 %. Количество начинки, наносимой на ленту, регулировалось подачей насоса с пульта управления. Толщина начинки изменялась зазором между выравнивающей пластиной и карамельной лентой. На края ленты начинка не наносилась. Далее с помощью горизонтальных, вертикальных и боковых роликов, вращающихся в строго заданном направлении, лента с пралиновой начинкой сворачивалась в жгут. Образовавшийся жгут проходил через несколько пар проминальных роликов, установленных над охлаждающим транспортером (6), раскатывался и снова сворачивался, за счет чего образовался пласт, состоящий из начинки, переслоенной карамельной массой. Параллельно с ним по охлаждающему транспортеру продвигалась карамельная масса для оболочки (рис. 3). Затем двумя передающими транспортерами карамельная масса, переслоенная пралиновой начинкой, и масса для оболочки, предварительно охлажденная до температуры 75—80 °С, передавались на формующую машину (1). Формование карамельного жгута происходило при помощи четырех конусных валиков. В середину карамельного батона закладывалась масса с начинкой, а поверх неё наносилась масса для оболочки.



**Рис. 3. Участок формования, охлаждения и завертки:**

1 — формующая машина; 2 — эгализирующая машина; 3 — штампующая машина;  
4 — охлаждающий шкаф; 5 — заверточные аппараты

Затем карамельный жгут автоматически от кегельроллера вводился в эгализирующую машину (2) и сужался до требуемого диаметра. Для этой операции использовалось вытяжное устройство с двумя скрещено расположенными парами роликов и четырьмя парами выравнивающих роликов.

Откалиброванный жгут попадал на универсальную машину для штамповки карамели (3), где с помощью штампующих цепей из жгута формировались отдельные изделия. Конструкция штампующей цепи позволяет вырабатывать карамель с высоким содержанием начинки (до 30 %).

Охлаждение готовой отштампованной карамели производилось в специальном охлаждающем шкафу (4) при температуре (15—18) °С. Карамель проходит пять уровней транспортировки и охлаждения. Охлаждение производится кондиционированным воздухом. Холодильник оснащен приборами для измерения температуры и относительной влажности охлаждающего воздуха. Весь процесс охлаждения производится в автоматическом режиме. Температура охлажденной карамели на выходе из шкафа должна быть не выше 35 °С.

*Вариант 2.* Производство карамели с переслоенной прохладительной начинкой.

*Таблица 3. Рецепттура прохладительной молочной начинки*

Наименование сырья и полуфабрикатов	Массовая доля сухих веществ	Расходы сырья, кг	
		На 100 кг полуфабриката	
		В натуре	В сухих веществах
Сахарная пудра	99,85	30,00	29,95
Глюкоза	91,0	13,59	12,37
Сухое молоко	96,0	30,0	28,80
Растительный жир	99,7	27,27	27,19
Лецитин	97,0	0,51	0,49
Итого	—	101,37	98,8
Выход	97,46	100,0	97,46

Для приготовления начинки используется следующее оборудование: меланжер для смешивания компонентов и пятывалковая мельница для получения необходимой дисперсности массы. Часть растительного жира (примерно 1/3) добавлялась при разводке начинки. Процесс производства карамели аналогичен производству, описанному в варианте 1. Производство карамели с переслоенными начинками, рецептуры которых отличаются по составу сырья (ореховые, прохладительные и пр.), одинаково успешно может осуществляться на линии Клэкнер Хэнзел Процессинг.

При сравнительной органолептической оценке изделий, выработанных на поточно-механизированной линии и на линии фирмы Клёкнер Хэнзел Процессинг, преимущество было на стороне Клёкнер Хэнзел Процессинг. Кармель обладала более равномерным распределением начинки и карамельной массы, намного реже встречались изделия с толстыми грубыми слоями кармели.

### Выводы

В предлагаемом способе обеспечивается повышение качественных показателей изделий, создание изделий с более хрупкой структурой, четко выраженным рисунком на поверхности, снижение потерь и уменьшение брака при производстве данной кармели. Основным преимуществом, безусловно, является возможность производить весь технологический процесс без применения тяжелого физического труда, что повышает показатели безопасности жизнедеятельности на любом производстве, а также способствует повышению производительности линии.

### Литература

1. Бушкова Г.Б. Применение продуктов переработки семян подсолнечника в кондитерском производстве / Г.Б. Бушкова // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. — 2013. — № 3 (192). — Частина 1. — С. 23—27.
2. Зубченко А.В. Технология кондитерского производства / А.В. Зубченко. — Воронеж, 1999. — 432 с.
3. Минифай Б.У. Шоколад, конфеты, кармели и другие кондитерские изделия (Б.У. Минифай; перевод с англ. под общ. научной ред. Т.В. Савенковой) / Б.У. Минифай. — СПб.: Профессия, 2005. — 808 с.

## АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ЛИНИЯ ПРОИЗВОДСТВА КАРАМЕЛИ С ПЕРЕСЛОЙНЫМИ НАЧИНКАМИ

**И.Г. Дейнека**

*Восточноукраинский национальный университет им. В. Даля*

**Т.Л. Риполь-Сарагоси, Г.Б. Бушкова**

*филиал Московского государственного университета технологий и управления им. К.Г. Разумовского в г. Ростове-на-Дону*

*В статье рассматривается современный способ производства кармели с переслойными начинками, предложена новая технологическая схема. Даны рекомендации по определению оптимальных параметров процесса при помощи графика кривых кипения. Определены преимущества предлагаемого способа в сравнении с традиционными.*

**Ключевые слова:** *аппаратурно-технологическая схема, кривые кипения, качество продукции.*

## DETERMINATION OF KINETIC PARAMETERS FOR PROCESS OF BAKING YEAST GROWING

J. Chorna, V. Trehub

*National University of Food Technologies*

<p><b>Key words:</b></p> <p><i>Fermenter</i> <i>Kinetic model</i> <i>Kinetic parameters</i> <i>Form factor</i> <i>Latent period</i></p> <hr/> <p><b>Article history:</b></p> <p>Received 11.10.2014 Received in revised form 24.10.2014 Accepted 03.11.2014</p> <hr/> <p><b>Corresponding author:</b> V. Trehub <b>E-mail:</b> npnuht@ukr.net</p>	<p><b>ABSTRACT</b></p> <p>The article deals with the manufacturing process of baking yeast growing which is happening in fermenters using cyclic technique with constant feeding. Apparatus, in which the processes of interfacial transitions occur, have their own characteristics complicating their optimal management. A kinetic model of a process of bakery yeast growing contains kinetic parameters covering the whole possible range of variation of thermodynamic forces and temporal stages of the development process and considers that the cyclic process can take place both in the presence of an induction period (latency) and in its absence. A method of determining the kinetic parameters is proposed. The regression dependence for the form factor, which depends on the initial parameters of the process and the time constant associated with the parameters that affect the growing speed of the process of baking yeast, has been determined.</p>
---	---

## ВИЗНАЧЕННЯ КІНЕТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ДЛЯ ПРОЦЕСУ ВИРОЩУВАННЯ ХЛІБОПЕКАРСЬКИХ ДРІЖДЖІВ

Ю.О. Чорна, В.Г. Трегуб

*Національний університет харчових технологій*

*У статті розглянуто технологічний процес вирощування хлібопекарських дріжджів, що відбуваються в ферментерах циклічним способом при постійному підживленні. Апарати, в яких відбуваються процеси з міжфазними переходами, мають свої особливості, що ускладнюють їх оптимальне керування. Кінетична модель процесу вирощування хлібопекарських дріжджів містить кінетичні параметри, охоплює весь можливий діапазон зміни термодинамічних сил і часових стадій розвитку процесу та враховує те, що циклічний процес може відбуватися як за наявності періоду індукції (латентного періоду), так і за його відсутності. Запропоновано метод визначення кінетичних параметрів, а також визначено регресійні залежності для форм-фактора, який залежить від початкових параметрів процесу та сталої часу, то пов'язана з параметрами, які впливають на швидкість перебігу процесу вирощування хлібопекарських дріжджів.*

**Ключові слова:** *ферментер, кінетична модель, кінетичні параметри, форм-фактор, латентний період.*

**Вступ.** У ряді галузей харчової промисловості основні технологічні процеси проходять в апаратах періодичним способом. До них відноситься і виробництво хлібопекарських дріжджів. При цьому апарати, в яких відбуваються процеси з міжфазними переходами, мають певні особливості, що роблять задачу їх оптимального керування досить складною й актуальною. До того ж перехід до більш ефективних неперервних процесів у цьому випадку неможливий через швидке накопичення побічних продуктів. Іншою особливістю систем управління періодичним процесом є те, що вони повинні вирішувати дві задачі: задачу логічного керування багатостадійним циклом апарата і задачу динамічно-го, бажано оптимального, керування робочою стадією.

Математична модель такого процесу має логіко-динамічну структуру. Логічна частина моделі описує послідовність перемикачів на різних стадіях циклу і фактично є алгоритмом керування апаратом. Динамічна підсистема описує реакцію інерційного об'єкта на керуючі впливи і збурення [1, 2].

**Мета дослідження.** Визначити кінетичні параметри для апарата вирощування хлібопекарський дріжджів.

**Результати і обговорення.** Більшість технологічних процесів передбачає утворення і збільшення нової фази або її введення на початку робочої стадії при періодичному режимі. В такому випадку елементом динамічного оператора є кінетична модель процесу. Її особливість полягає в тому, що вона повинна охоплювати весь можливий діапазон зміни термодинамічних сил і часових стадій розвитку процесу та враховувати те, що процес культивування може проходити як за наявності періоду індукції (латентного періоду), так і за його відсутності (рис.1). Таким вимогам відповідає кінетичне рівняння з нелінійною часовою складовою:

$$X = X_M - (X_M - X_{II}) \exp\left[-(\tau/\theta)^n\right], \quad (1)$$

де  $X$ ,  $X_M$ ,  $X_{II}$  — величини, що характеризують кількість нової фази відповідно: поточну, максимальну і початкову;  $n$  і  $\theta$  — кінетичні параметри;  $\tau$  — час.

Рівняння (1) описує всі наведені на рис. 1 кінетичні криві: без латентного періоду (крива 1), з прихованим (крива 2) і явним (крива 3) латентними періодами.

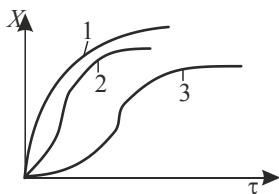


Рис. 1. Кінетичні криві

Константа  $\theta$  — постійна часу, яка в рівнянні (1) характеризує час, за який  $X = 0,632X_M + 0,368X_{II}$ . Вплив параметра  $n$  можна проаналізувати за допомогою кінетичних кривих (рис. 2), які були побудовані за рівнянням (1) для значень  $n = 0,5, 1, 3$ .

Як видно з рис. 2, при  $n > 1$  кінетичні криві набувають S-подібної форми. При подальшому збільшенні  $n$  спостерігається поява спочатку прихованого, а потім явного латентного періоду. Таким чином, при зміні в діапазоні  $0 < n < \infty$  рівняння (1) охоплює всі форми кінетичних кривих як з періодом індукції, так і без нього, а форму даних кривих визначає форм-фактор  $n$ .

Особливістю динамічної моделі АПД є нелінійність і нестационарність. Кінетична модель (1) має три параметри  $n$ ,  $\theta$  і  $X_M$ . Постановка задачі визна-



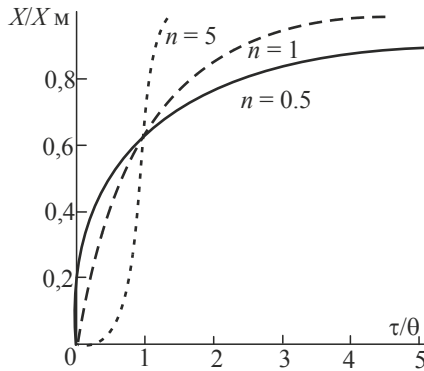
чення параметрів  $n$  і  $\theta$  за результатами експерименту може бути записана таким чином:

$$\Phi(a^*) = \inf_a \Phi(a), \quad (2)$$

де  $\Phi(a)$  — функція нев'язки, яка для даного випадку має вигляд:

$$\Phi(a) = \sum_{j=0}^m (X_j^e - X_j^p(X_M, a, \tau_j))^2, \quad (3)$$

де  $X_j^e$ ,  $X_j^p$  — експериментальні та розрахункові значення  $X$  в дискретні моменти часу  $\tau_j$ ;  $a = \{n, \theta\}$ .



**Рис. 2.** Залежність  $X/X_M$  від  $\frac{\tau}{\theta}$  для  $n = 0.5, 1, 5$  за рівнянням (1)

Для вирішення задачі (2) представимо рівняння (1) в такому вигляді:

$$\ln \ln \left( X_M - X_{\Pi} / X_M - X \right) = n (\ln \tau - \ln \theta). \quad (4)$$

Зробимо заміну змінних і параметрів  $\chi = \ln \ln \left( X_M - X_{\Pi} / X_M - X \right)$ ,  $\psi = \ln \tau$ ,  $\beta = -n \ln \theta$  і рівняння (4) набуде вигляду:

$$n\psi + \beta - \chi = 0, \quad (5)$$

а функція нев'язки відповідно:

$$\Phi_l(a) = \sum_{j=0}^m \left( \chi_j^e - (n\psi_j + \beta - \chi_j) \right)^2. \quad (6)$$

Враховується, що рівняння (5) лінійне по  $a_l = \{n, \beta\}$ , задача (2) вирішувалась за допомогою методу найменших квадратів.

Для визначення кінетичних параметрів  $n$  і  $\theta$  циклічного процесу вирощування хлібопекарських дріжджів з постійним підживленням використовується базовий набір експериментальних даних, на основі яких визначалися регресійні рівняння, які ґрунтуються на методі найменших квадратів. Слід відмітити, що моделі узгоджуються з теоретичними уявленнями про процес та адекватно описуються в площині змін параметрів процесу вирощування дріжджів (рис. 3, 4).

Для визначення регресійної залежності для константи  $n$  здійснюється аналіз початкових умов перебігу процесу вирощування хлібопекарських дріжджів. Оскільки перебігу меляси в експериментальних даних не змінюється, а кількість аміачної води й ортофосфорної кислоти впливають на значення  $pH$ , то відповідна залежність для константи  $n$  має такий вигляд:

$$n = f(t, pH, zd) = 0,142441 \cdot zd - 0,00747 \cdot t^2 + 0,114989 \cdot t \cdot pH + 0,021825 \cdot t - 0,43805 \cdot pH^2 \quad (7)$$

де  $t$  — температура культурального середовища в діапазоні зміни (25—35 °С);  $pH$  —  $pH$  культурального середовища в діапазоні зміни (3,8—5,5 од. $pH$ );  $zd$  — концентрація біомаси в діапазоні зміни (4—12 г/л).

Коефіцієнт детермінації  $R^2 = 0,953342$ .

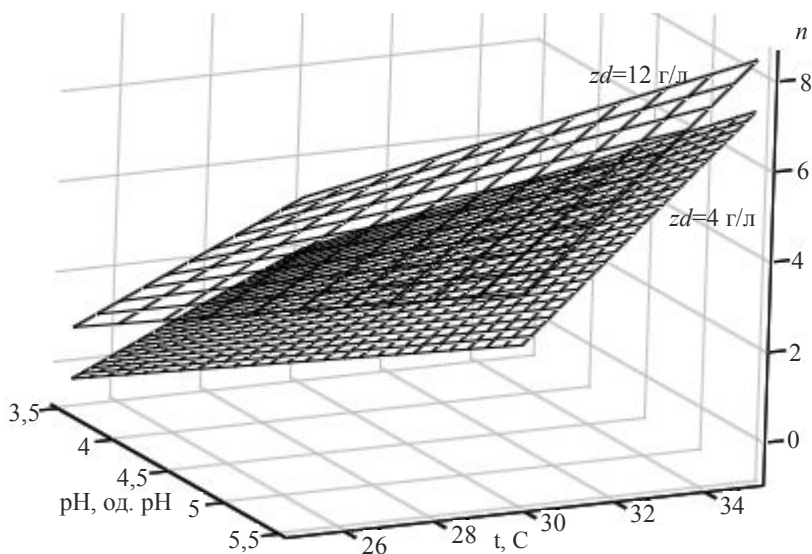


Рис. 3. Залежність форм-фактора  $n$  від  $pH$  та  $t$

Для визначення регресійної залежності для константи часу  $\theta$  здійснювався аналіз параметрів процесу, що впливають на швидкість росту біомаси та змінюються від циклу до циклу. Оскільки подача аміачної води й ортофосфорної кислоти впливає на  $pH$  середовища і забезпечує азотне та фосфорне живлення мікроорганізмів, концентрація цукрів регулюється подачею меляси, аерація середовища постійна і не змінюється протягом процесу, то для  $\theta$  регресійна залежність матиме вигляд:

$$\theta = f(pH, Kц) = 0,157869 \cdot pH \cdot Kц - 1,14267 \cdot pH^2 - 0,04056 \cdot Kц + 4,235939 \cdot pH - 0,01014 \cdot Kц^2 \quad (8)$$

де  $pH$  —  $pH$  культурального середовища в діапазоні зміни (3,8—5,5 од. $pH$ );  $Kц$  — концентрація цукрів в мелясі в діапазоні зміни (43—46,6 %).

Коефіцієнт детермінації  $R^2 = 0,981$ .

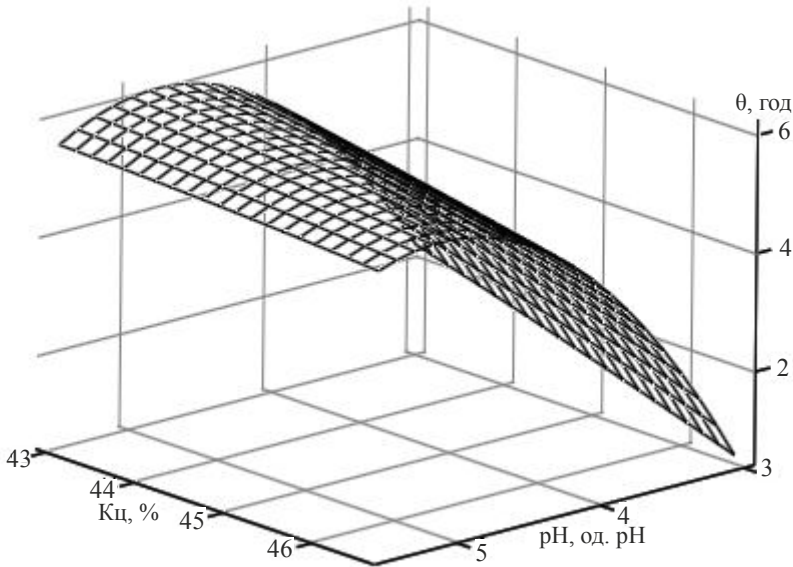


Рис. 4. Залежність  $\theta$  від рН та Кц

### Висновки

Отже, константа або форм-фактор  $n$ , який визначає форму кінетичної кривої та наявність або відсутність латентного періоду, залежить насамперед від змінних стану, що характеризують початкові умови процесу міжфазного переходу. Константа або постійна часу  $\theta$  визначається інтенсивністю процесів вирощування та залежить від параметрів процесу, що впливають на швидкість накопичення біомаси мікроорганізмів. Дані параметри використовуються для оптимального керування циклічним процесом вирощування хлібопекарських дріжджів з постійним підживленням.

### Література

1. Трегуб В.Г. Оптимальне керування періодичними процесами з міжфазними переходами [Текст] / В.Г. Трегуб, Ю.О. Чорна // Східноєвропейський журнал передових технологій. — 2010. — № 6/4 (48). — С. 10—12.
2. Трегуб В.Г. Автоматизоване управління апаратами періодичної дії на харчових підприємствах [Текст] / В.Г. Трегуб // Наукові праці НУХТ. — 2005. — № 16. — С. 143—145.
3. Плевако Е.А. Технология дрожжей [Текст] / Е.А. Плевако. — М.: «Пищевая промышленность», 1970. — 300 с.
4. Гачок В.П. Кинетика биохимических процессов [Текст] / В.П. Гачок. — К.: Наукова думка, 1988. — 224 с.
5. Габрин К.Э. Основы имитационного моделирования в экономике и управлении [Текст] / К.Э. Габрин, Е.А. Козлова. — Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2004. — 108 с.

6. Ладанюк А.П. Іноваційні технології в управлінні складними біотехнологічними об'єктами агропромислового комплексу [Текст] монографія / А.П. Ладанюк, В.М. Решетюк, В.Д. Кишенько та ін. — К.: «Центр учбової літератури», 2014. — 280 с.

7. Радченко С.Г. Методологія регресійного аналізу [Текст] монографія / С.Г. Радченко. — К.: «Корнийчук», 2011. — 376 с.

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ КИНЕТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ДЛЯ ПРОЦЕССА ВЫРАЩИВАНИЯ ХЛЕБОПЕКАРСКИХ ДРОЖЖЕЙ**

**Ю.А. Черная, В.Г. Трегуб**

*Национальный университет пищевых технологий*

*В статье рассматривается технологический процесс выращивания хлебопекарных дрожжей, что происходит в ферментерах циклическим способом при постоянной подпитке. Аппараты, в которых протекают процессы с междуфазными переходами, имеют свои особенности, затрудняющие их оптимальное управление. Кинетическая модель процесса выращивания хлебопекарных дрожжей содержит кинетические параметры, охватывает весь возможный диапазон изменения термодинамических сил и временных стадий развития процесса и учитывает, что циклический процесс может проходить как при наличии периода индукции (латентного периода), так и при его отсутствии. Предложен метод определения кинетических параметров, а также определены регрессионные зависимости для форм-фактора, который зависит от начальных параметров процесса и постоянной времени, связанной с параметрами, влияющими на скорость прохождения процесса выращивания хлебопекарных дрожжей.*

**Ключевые слова:** *ферментер, кинетическая модель, кинетические параметры, форм-фактор, латентный период.*

УДК 681.5: 637.133.3

## INVESTIGATION OF INFLUENCE OF WEIGHT MATRICES ON ROBUST STABILITY OF OPTIMAL CONTROL SYSTEM

N. Lutska

National University of Food Technologies

---

**Key words:**

*Optimal control system  
Robust stability  
Thermal facility  
Weighting matrix  
Integral quadratic criterion  
Eigenvalues*

---

**ABSTRACT**

This paper examines the impact of weighting matrixes of integral quadratic criterion for optimal control of robust stability of the optimal control system, which is synthesized by the algorithm of analytical design of optimal controllers. Typical thermal multidimensional objects are taken as a control object, the mathematical model of which has different dimensions and eigenvalues. The survey results will help to build a more effective system of optimal control of industrial objects.

---

**Article history:**

Received 15.10.2014  
Received in revised form  
23.10.2014  
Accepted 04.11.2014

---

**Corresponding author:**

N. Lutska  
**E-mail:**  
lutskaya@yandex.ru

---

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ВАГОВИХ МАТРИЦЬ НА РОБАСТНУ СТІЙКІСТЬ ОПТИМАЛЬНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ

Н.М. Луцька

Національний університет харчових технологій

*У статті досліджено вплив вагових матриць інтегрально-квадратичного критерію оптимального керування на робастну стійкість оптимальної системи керування, що синтезована за алгоритмом аналітичного конструювання оптимальних регуляторів. Як об'єкт керування взято типові теплові багатовимірні об'єкти, математична модель яких має різні розмірність і власні значення. Результати дослідження надають можливість набувати більш ефективну систему оптимального керування технологічними об'єктами.*

**Ключові слова:** *оптимальна система керування, робастна стійкість, тепловий об'єкт, вагові матриці, інтегрально-квадратичний критерій, власні значення.*

**Вступ.** Практика використання методів оптимального керування [1] для технологічних об'єктів показала, що багатовимірні системи, які синтезовані

за квадратичним критерієм якості, іноді втрачають не тільки оптимальність, а й стійкість. Це пов'язано з чутливістю параметрів математичної моделі об'єкта, що обґрунтовується невизначеністю останніх, тому при проектуванні даних методів доцільною є перевірка стійкості синтезованої системи в заданому класі невизначеності технологічного об'єкта з використанням методів робастної стійкості [2]. Важливим питанням при цьому залишається питання вибору вагових матриць інтегрально-квадратичного критерію та їх вплив на робастну стійкість синтезованої системи керування.

**Мета статті.** Дослідження впливу вагових матриць інтегрально-квадратичного критерію керування на робастну стійкість оптимальної системи.

**Методика дослідження.** Синтез оптимального регулятора виконаний для типового теплового об'єкта, причому змінювали як розмірність об'єкта, так і власні значення матриці об'єкта.

Для теплового технологічного об'єкта, математична модель якого описує множину температур, при проектуванні системи керування невизначеності можна поділити на два види: невизначеності в описі математичної моделі (припущення, лінеаризація, дискретизація); невизначеності у функціонуванні технологічного об'єкта (невизначеність зовнішнього середовища, непередбачувані невизначеності).

При описі математичної моделі об'єкта всі названі невизначеності необхідно описати певним класом невизначеностей. При синтезі оптимального керування за алгоритмом аналітичного конструювання оптимальних регуляторів, як правило, математична модель об'єкта подається в просторі змінних стану:

$$\frac{dx(t)}{dt} = A_0 x(t) + Bu(t), \quad (1)$$

де  $x$  —  $n$ -вимірний вектор координат стану об'єкта, що описує зміну температур з часом  $t$ ;  $u$  —  $m$ -вимірний вектор керувань;  $A_0, B$  — стаціонарні матриці відповідних розмірностей.

Основу невизначеності матриці  $A_0$  складають постійні часу математичної моделі об'єкта, що, у свою чергу, залежать від зміни об'єму й теплоємності речовин. Знаючи максимальне та мінімальне відхилення останніх, матрицю об'єкта можна описати у вигляді інтервального матричного сімейства:

$$A(q) = A_0 + \Delta, \quad |\Delta_{ij}| \leq \gamma, \quad i, j = 1, \dots, n, \quad (2)$$

де  $\gamma$  — розмах невизначеності.

Зрозуміло, що чим більший розмах невизначеності об'єкта  $\gamma$ , тим більша ймовірність втрати стійкості оптимальної системи, що замкнена від'ємним зворотнім зв'язком. Для теплової технологічної системи керування найповнішим критерієм функціонування системи є інтегрально-квадратичний критерій:

$$I(u) = \int_{t_0}^{\infty} (y^T Q y + u^T R u) dt \rightarrow \min_u, \quad (3)$$

що враховує мінімізацію відхилення необхідних або вимірюваних температур  $y$  (враховуючи, що вимірюються саме необхідні температури) від заданих значень (перша складова) та мінімізацію енергетичних витрат (друга складова).

Вплив кожної складової на критерій задається коефіцієнтами вагових матриць  $Q$  та  $R$  ( $Q \geq 0, R > 0$ ). Загальної методики вибору коефіцієнтів вагових матриць на сьогодні не існує, вони обираються розробником залежно від вимог щодо якості системи. Але відкритим залишається питання стійкості та робастної стійкості таких систем.

Відповідно до методики аналітичного конструювання оптимальних регуляторів, керування використовує зворотний зв'язок:

$$u(t) = Kx(t), \quad K = -R^{-1}B^T S, \quad (4)$$

де  $K$  — матричний коефіцієнт підсилення регулятора (розмірність  $m \times n$ ), причому матриця  $K$  не залежить від часу;  $S$  — симетрична матриця розмірності  $n \times n$ , яка визначається з алгебраїчного рівняння Ріккати виду:

$$SA_0 + A_0^T S - SBR^{-1}B^T S + Q = 0. \quad (5)$$

Чим більші елементи матриці підсилення регулятора  $K$ , тим менший запас стійкості, враховуючи, що запас стійкості — це максимальне власне значення замкненої системи  $\sigma = \max_{1 \leq i \leq n} (-\operatorname{Re} \lambda_i)$ , де  $\lambda$  — вектор власних значень системи, що визначається з рівняння:  $\det(A_c - \lambda E) = 0$ ,  $A_c = (A_0 - BK)$ .

**Результати і обговорення.** Досліди проводилися для теплових об'єктів з різними характеристиками:

- різний порядок об'єкта;
- різні власні значення об'єкта, зокрема від'ємні, додатні дійсні та комплексні.

Враховуючи, що власні значення об'єкта приймають як від'ємні, так і додатні значення, для спрощення розрахунків: визначення робастної стійкості системи використаний імовірнісний підхід [2, 3], проведений шляхом рівномірної випадкової генерації номінальної матриці об'єкта  $A$  (2) в межах заданого розмаху невизначеності (матриця  $K$  не змінювалася).

*Дослід 1.* На рис. 1 показано, як змінюється запас стійкості оптимальної системи при збільшенні діагональних елементів вагових матриць  $Q$  та  $R$  без врахування невизначень (номінальна система) для теплового об'єкта четвертого порядку з двома управляючими діями, причому власні значення об'єкта мають три від'ємні значення, два з яких комплексні попарно-спряжені й одне додатне. При нульових значеннях елементів матриці  $Q$  запас стійкості системи збігається з від'ємним дійсним власним значенням об'єкта, при зростанні співвідношення елементів матриць  $Q/R$  запас стійкості дещо зменшується, при  $Q/R \geq q_1$  розміщується на кривій, що має комплексні власні значення. При визначеному значенні  $Q/R = q_1$  система досягає найменшого запасу стійкості, після якого починається нарощування запасу стійкості до певної постійної величини (рис. 2).

При проведенні дослідів для системи з інтервальною невизначеністю виявлено (рис. 3), що на проміжку  $(q_1, q_2)$  імовірність стійкості системи найменша.

*Дослід 2.* Інша ситуація спостерігається у стійкого об'єкта (для прикладу взято тепловий об'єкт 10-го порядку з дійсними від'ємними власними значеннями та чотирма управляючими діями). На рис. 4 видно, що при  $Q=0$  запас стійкості системи збігається із запасом стійкості об'єкта, при збільшенні  $Q/R$

запас стійкості зростає за логарифмом (відповідно, найбільше власне значення системи спадає) (рис. 5). Система з невизначеностями буде мати найгіршу ймовірність при  $Q=0$  і чим більший розмах невизначеності, тим менша ймовірність (рис. 6). Завдяки стійкості об'єкта ймовірність стійкості такої системи велика навіть при значному розмаху невизначеності.

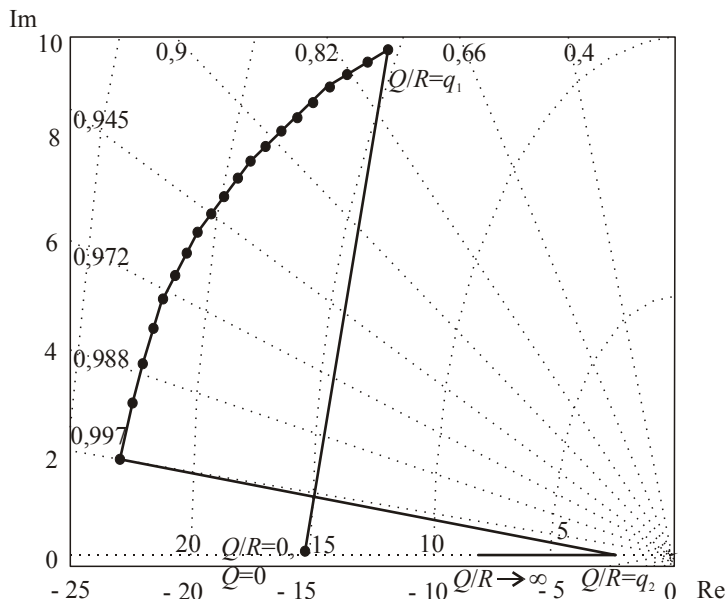


Рис. 1. Запас стійкості номінальної системи при зміні елементів матриць  $Q$  і  $R$  на комплексній площині ( $n=4$ )

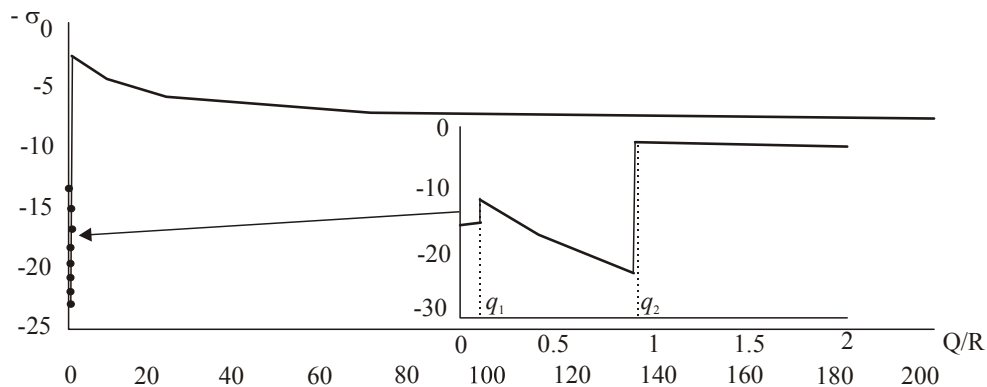
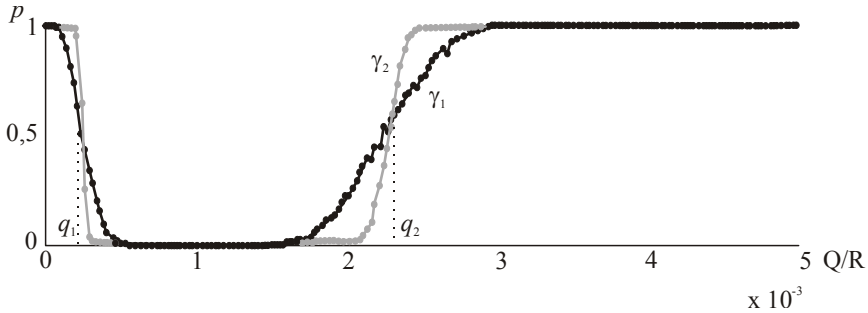


Рис. 2. Запас стійкості номінальної системи при зміні елементів матриць  $Q$  і  $R$  ( $n=4$ )

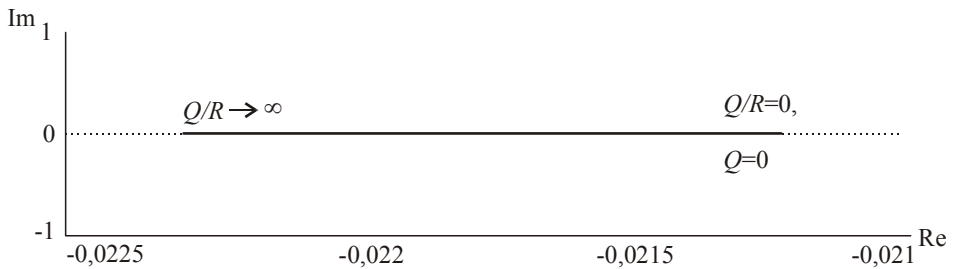
*Дослід 3.* Для об'єкта четвертого порядку ( $n=4$ ) з власними значеннями  $\lambda_{\text{об'єкта}} = (-0,3 - 0,2 + i - 0,1 - i)^T$  отримано такі результати: при  $Q=0$  найбільше власне значення збігається з точкою  $(-0,2+i)$ , друга точка різко переходить на  $-i$  зі збільшенням запасу стійкості, при збільшенні співвідношення  $Q/R$  запас стійкості зростає з постійною швидкістю (найменше власне значення комплексне на всьому проміжку). Якщо  $\lambda_{\text{об'єкта}} = (-0,3 - 0,2 + i - 0,3 - i)^T$ ,



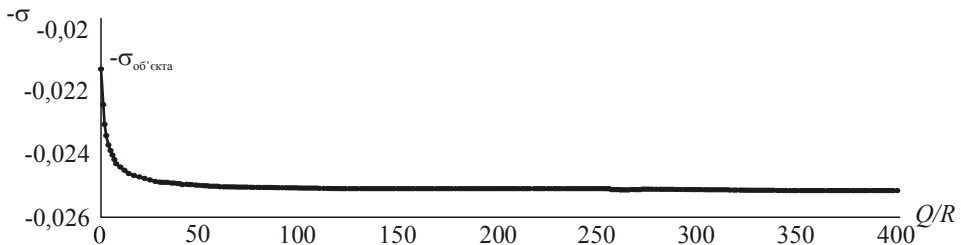
то при  $Q=0$  найбільше власне значення збігається з точкою  $(-0,3-i)$  і поступово зростає, тобто без розривів.



**Рис. 3.** Імовірність стійкості системи з інтервальною невизначеністю при зміні  $Q$  і  $R$  ( $n=4$ ) при  $\gamma_1 > \gamma_2$



**Рис. 4.** Запас стійкості номінальної системи при зміні елементів матриць  $Q$  і  $R$  на комплексній площині ( $n=10$ )



**Рис. 5.** Запас стійкості номінальної системи при зміні елементів матриць  $Q$  і  $R$  ( $n=10$ )

*Дослід 4.* Для об'єкта четвертого порядку з  $\lambda_{об'єкта} = (-0,3 - 0,1 + i - 0,1 - i)^T$  при  $Q=0$  найбільше власне значення збігається з точкою  $(-0,1+i)$ , а при збільшенні співвідношення  $Q/R$  запас стійкості зростає як на проміжку  $(q_1, q_2)$  рис. 1 (найменше власне значення комплексне), потім при  $Q/R=1$  різко збільшується (найменше власне значення дійсне) та починає зростати з постійною швидкістю (рис. 1). Імовірність стійкості системи з невизначеністю як другий проміжок на рис. 3 без точки  $q_1$ , а  $q_2=1$ .

*Дослід 5.* Для об'єкта з  $\lambda_{об'єкта} = (0,3 \ 0,1 + i \ 0,1 - i)^T$  при  $Q=0$  найбільше власне значення збігається з точкою  $(-0,1+i)$ , а при збільшенні співвідношення  $Q/R$  запас стійкості зростає як на проміжку  $(q_1, q_2)$  (найменше власне значення комплексне), потім при  $Q/R=1$  різко збільшується (найменше власне значення

дійсне) та починає зростати з постійною швидкістю. Ймовірність стійкості системи з невизначеністю як другий проміжок на рис. 3 без точки  $q_1$ , а  $q_2 = 1$ .

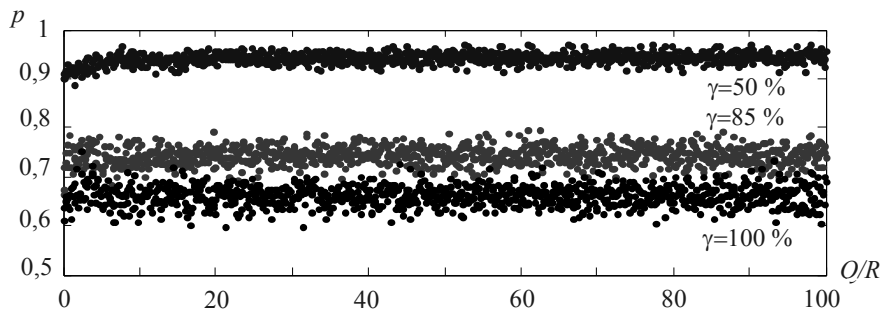


Рис. 6. Імовірність стійкості системи з інтервальною невизначеністю при зміні  $Q$  і  $R$  ( $n=10$ )

### Висновки

Теплові об'єкти функціонують в умовах параметричної невизначеності, тому при синтезі оптимальної системи керування цими об'єктами необхідно перевіряти якість і стійкість системи. Невизначеності теплових об'єктів можуть бути описані інтервальними залежностями, але на робастну стійкість системи, крім розмаху невизначеності матриці об'єкта, також впливає вибір коефіцієнтів вагових матриць інтегрально-квадратичного критерію.

Проведено ряд дослідів для об'єктів з різним порядком і різними власними значеннями та визначені співвідношення вагових матриць, на яких оптимальна система має найменшу або найбільшу ймовірність робастної стійкості. Використовуючи отримані результати при виборі вагових матриць критерію керування, можна підвищити ефективність системи оптимального керування технологічними об'єктами.

### Література

1. Craven D. Control and Optimization, Chapman & Hall. — London, 1995. — P. 291—302.
2. Поляк Б.Т. Робастная устойчивость и управление [Текст] / Б.Т. Поляк, П.С. Щербаков. — М.: Наука, 2002. — 303 с.
3. Луцька Н.М. Синтез модального регулятора для системи керування колонною дифузійною установкою в умовах параметричної невизначеності / Н.М. Луцька, Н.А. Заєць // Вісник національного університету «Львівська політехніка». Автоматика, вимірювання та прилади. — 2012. — № 741. — С. 54—59.
4. Методы классической и современной теории автоматического управления: Учебник в 5-и тт.; 2-е изд., перераб. и доп. Т. 4: Теория оптимизации систем автоматического управления / Под. ред. К.А. Пупкова и Е.Д. Егупова. — М.: Издательство МГТУ им. Н.С. Баумана, 2004. — 744 с.
5. Sanchez-Pena R. and Sznajder M. Robust system. Theory and application. — Wiley & Sons, Ins, 1998. — P. 487.

6. Луцька Н.М. Дослідження та синтез оптимальних регуляторів для систем автоматизації технологічних комплексів неперервного типу [Текст]: Автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.13.07 / Луцька Наталія Миколаївна; Національний ун-т харчових технологій. — К., 2006. — 16 с.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВЕСОВЫХ МАТРИЦ НА РОБАСТНУЮ УСТОЙЧИВОСТЬ ОПТИМАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ**

**Н.Н. Луцкая**

*Национальный университет пищевых технологий*

*В статье исследуется влияние весовых матриц интегрально-квадратичного критерия оптимального управления на робастную устойчивость оптимальной системы управления, синтезированной по алгоритму аналитического конструирования оптимальных регуляторов. В качестве объекта управления взято типичные тепловые многомерные объекты, математическая модель которых имеет различные размерность и собственные значения. Результаты исследования помогут построить эффективную систему оптимального управления технологическими объектами.*

**Ключевые слова:** *оптимальная система управления, робастная устойчивость, тепловой объект, весовые матрицы, интегрально-квадратичный критерий, собственные значения.*

УДК 576.8:573.6.086.83

## STORE OF CULTURES OF LACTIC ACID MICROORGANISMS

S. Danylenko

*Institute of Food Resources of National Academy of Agrarian Sciences*

---

**Key words:**

*Storage  
Protective environment  
Lyophilization  
Microorganisms*

**Article history:**

Received 04.10.2014  
Received in revised form  
20.10.2014  
Accepted 02.11.2014

**Corresponding author:**

S. Danylenko  
**E-mail:**  
svet1973@gmail.com

---

**ABSTRACT**

The influence of protective environments of various compositions on the conservation of lactic acid microorganisms of various types upon lyophilization and long-term storage has been investigated in the article. The necessity of selecting a protective environment for each culture and not only for the genus of microorganism has been shown.

## ЗБЕРІГАННЯ КУЛЬТУР МОЛОЧНОКИСЛИХ МІКРООРГАНІЗМІВ

С.Г. Даниленко

*Інститут продовольчих ресурсів Національної академії аграрних наук*

*У статті досліджено вплив різних за складом захисних середовищ на збереження молочнокислих мікроорганізмів різних видів за ліофілізації й тривалого зберігання. Показано необхідність підбору захисного середовища для кожного виду, а не лише для роду мікроорганізму.*

**Ключові слова:** зберігання, захисні середовища, ліофілізація, мікроорганізми.

Для тривалого зберігання музейних культур мікроорганізмів застосовують різноманітні методи консервування біомаси, але ефективне консервування з повним збереженням популяцій є проблемним, особливо якщо враховувати різноманітність мікроорганізмів, а також те, що здатність зберігати активність культури за певних умов пов'язана не тільки з родом і видом мікроорганізму, але й з його підвидом. Зважаючи на це, актуальним залишається пошук кріопротекторів і методів консервування для окремо взятих мікроорганізмів.

На сьогодні існують такі методи зберігання мікроорганізмів:

- методи нетривалого зберігання мікроорганізмів, які використовуються для повсякденної роботи з мікроорганізмами (субкультивування або метод перевивання культур);

- методи тривалого зберігання мікроорганізмів. Тривале зберігання мікроорганізмів без втрати технологічно цінних властивостей проводять методами, які забезпечують істотне гальмування життєздатності мікроорганізму.

Зберігання досягається шляхом глибокого заморожування мікроорганізмів або їх висушування із замороженого (ліофілізація) або безпосередньо з рідкого стану (висушування). Високий ефект консервації такими методами досягається за рахунок того, що клітини, позбавляючись вільної води в умовах криогенних температур, переходять у стан анабіозу.

Підтримка штамів в активному стані, збереження їхніх цінних біологічних властивостей є важливими умовами роботи з мікроорганізмами — від первинного вивчення до використання їх у виробництві різних біопрепаратів [1, 2]. Щоб знизити вплив різних факторів при заморожуванні мікроорганізмів, необхідно підбирати захисні речовини або криопротектори [3, 4].

Через велике розмаїття мікроорганізмів одним криопротектором у практичній роботі не обходяться, тому при криоконсервуванні штамів слід попередньо перевірити дію на них різних за складом криопротекторів і вибрати найкращий за функціональністю.

Найефективнішими є комбіновані захисні середовища (ЗС), до складу яких входять дисахариди (цукроза, трегалоза, лактоза, мальтоза), полісахариди, цитрат або глутамат натрію, тіосечовина, також доцільно додавати знежирене або гідролізоване молоко, молочну сироватку, сусло, пептон та інші природні компоненти [5].

**Мета дослідження.** Підбір захисного середовища для ліофілізації різних видів молочнокислих мікроорганізмів (МКБ).

**Об'єкти і методи дослідження.** Об'єктами досліджень були культури мікроорганізмів *Lactobacillus rhamnosus*, *L. plantarum* та *L. paracasei ssp. paracasei* з колекції промислових штамів відділу біотехнології Інституту продовольчих ресурсів НААН.

У роботі використовували традиційні мікробіологічні методи дослідження. Кількість МКБ визначали за ГОСТ 10444.11-89 [6]. Було досліджено вісім варіантів ЗС за впливом на життєздатність молочнокислих бактерій упродовж ліофілізації. До складу ЗС залучали сполуки, які підвищували стійкість мікроорганізмів до заморожування та сушіння: білкові (сухе знежирене молоко, желатин та агар) та вуглеводні компоненти (сахароза, інозит, маніт, гліцерин), а також солі (табл. 1). Контроль — дистильована вода.

*Таблиця 1. Варіанти захисних середовищ*

		Склад захисних середовищ							
Компоненти \ Варіанти	1	2	3	4	5	6	7	8	
	Вміст у захисному середовищі, г								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Сухе знежирене молоко	10,0	3,0	3,0	5,0	-	-	14	14	
Інозит	-	-	-	-	-	-	-	10	
Цитрат натрію	0,2	-	-	5,0	2,0	5,0	-	-	
Сахароза	1,0	-	15,0	15,0	10,0	25,0	10	-	
MgSO <sub>4</sub>	0,05	-	-	-	-	-	-	-	
Гліцерин	-	-	-	-	2,0	-	-	-	

Продовження табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Фосфатний буфер, рН 6,86	-	10,0	-	-	-	-	-	-
Агар	-	-	-	-	-	0,1	-	0,1
Маніт	-	7,0	-	-	-	-	-	-
Желатин	-	-	5,0	-	-	3,5	1,0	-
Вода	До 100 см <sup>3</sup>							

Культури МКБ нарощували на середовищі МРС упродовж 14 год за температури (32±2) °С, змішували з різними варіантами ЗС у співвідношенні 1:2. Сушіння здійснювали на сублимаційній сушарці ТГ15 за таких режимів: початкова температура мінус (40±1) °С, кінцева — плюс (30±2) °С, залишковий тиск не більше 6,65 Па (0,679 кгс/м<sup>2</sup>). Тривалість сушіння — 30—34 год. Ступінь виживання бактерій визначали за їх вмістом до і після ліофілізації. Дані з виживання культур за сублимаційного висушування представлені в табл. 2.

**Результати і обговорення.** Молочнокислі бактерії були чутливими до заморожування та сублимаційного сушіння і втрачали від 2,1 % до 15,2 % життєздатних клітин.

Таблиця 2. Вплив захисних середовищ на ступінь виживання культур

Варіанти ЗС*	Ступінь виживання, %		
	<i>L. rhamnosus</i>	<i>L. plantarum</i>	<i>L. paracasei ssp. paracasei</i>
ЗС 1	84,8	98,5	97,4
ЗС 2	88,4	90,2	81,2
ЗС 3	97,9	97,5	95,5
ЗС 4	98,3	93,9	91,9
ЗС 5	90,0	92,4	91,4
ЗС 6	95,2	98,0	96,3
ЗС 7	99,7	83,4	98,8
ЗС 8	95,4	99,5	89,4
К	76,0	77,0	75,0

**Примітка.** \* Нумерація варіантів збігається з нумерацією захисного середовища. Наведено середні значення, n=4, P≤0,05, К — культура з дистильованою водою.

Після ліофілізації культура *L. rhamnosus* втрачала до 24 % життєздатних клітин без ЗС, тоді як у варіантах 1—8 втрати були значно меншими і становили (0,3—15,2) %. Ступінь виживання культури була найвищою із ЗС 3, 4, 6, 7 та 8. Застосування ЗС для культури *L. plantarum* (за винятком варіанта 7) сприяло зменшенню втрат на (0,5—9,8) %. Для культури *L. paracasei ssp. paracasei* характерне зменшення втрати клітин від 1,7 % до 10,6 % (табл. 2).

Із літературних джерел відомо, що найсприятливішими для зберігання культур та їх композицій є низькі температури, що забезпечують стабільніший стан мікрофлори, яка перебуває в анабіозі [7, 8].

Важливим фактором, що визначає ступінь виживання бактерій за зберігання, є дотримання температурного режиму та контроль вмісту вологи. Було визначено здатність до зберігання ліофілізованих культур за двох температурних режимів: плюс (4±2) °С і мінус (18±2) °С за відносної вологості повітря 80 %. Результати досліджень представлено на рис 1.

Рівняння швидкості відмирання клітин у процесі зберігання має такий вигляд:

$$\lg N = \lg N_0 - k \cdot \tau, \quad (1)$$

де  $N$ ,  $N_0$  — кількість клітин мікроорганізмів у момент  $\tau$  і на початку зберігання,  $\lg$  КУО в 1 г культури;  $\tau$  — тривалість зберігання, міс.;  $k$  — коефіцієнт, який характеризує швидкість відмирання,  $\lg$  КУО в 1 г/міс.

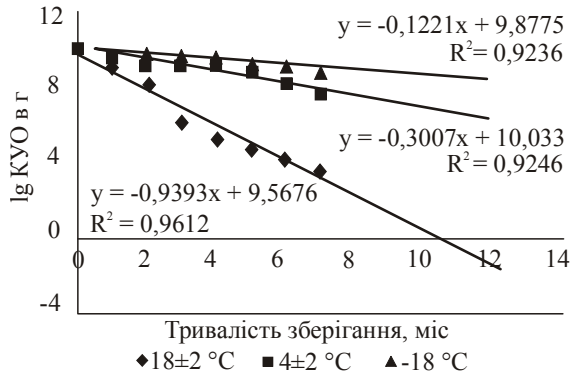


Рис. 1. Вплив захисного середовища № 8 на збереженість *L. Plantarum* за різних температур

Завдяки використанню закономірностей були отримані рівняння лінійної залежності швидкості відмирання клітин МКБ у процесі зберігання за різних температур. Встановлено, що виживання МКБ залежить від температури зберігання. За температури плюс (4±2) °C упродовж перших шести місяців зберігання всі культури втрачали 8–30 % життєздатних клітин бактерій від початкового вмісту, які відмирили зі швидкістю 0,18—0,54 год<sup>-1</sup>. У наступні три місяці темп відмирання прискорився  $\mu_{\text{відм}}=0,35—0,74$  год<sup>-1</sup>.

Найбільший ступінь виживання спостерігали за температури мінус (18±2) °C для всіх МКБ. Після 12 місяців зберігання частка втрачених клітин молочнокислих бактерій складала (5—10) %, від початкового вмісту (див. рис.1). Подовження терміну зберігання ще на три місяці викликало подальше відмирання зі швидкістю 0,52—1,1 год<sup>-1</sup>, що призводило до втрати 8—20 % клітин від початкової концентрації.

Максимальне виживання культури *L. rhamnosus* після 12 місяців зберігання, за температури мінус (18±2) °C, спостерігали при використанні ЗС № 7, яке становило 99,7 %. Слід зазначити, що культура *L. plantarum* після 12 місяців зберігання мала більшу кількість життєздатних клітин, ніж культура *L. rhamnosus*. ЗС № 8, яке складається з 14 % знежиреного молока з добавкою 10 % інозиту та 0,1 % агару забезпечувало максимальну збереженість культури *L. paracasei ssp. paracasei* (98,8 %), після 12 місяців зберігання. Також помічено високе виживання цієї культури і при сублімаційному висушуванні з іншими ЗС (81,2—97,4 %).

## Висновки

Отримані результати свідчать про необхідність застосування захисного середовища для ліофілізації лактобактерій. Доведено, що застосування захисних

середовищ збільшувало кількість життєздатних молочнокислих мікроорганізмів не тільки за ліофілізації, а й за подальшого їхнього зберігання. Так, після шести місяців зберігання за температури плюс  $(4\pm 2)$  °С кількість клітин *L. rhamnosus*, ліофілізованої із застосуванням захисних середовищ, збереглася на 11,6—31,2 %, *L. plantarum* — 17—29 % та *L. paracasei ssp. paracasei* — 8,3—31,7 % краще, ніж вказані штами, ліофілізовані з дистильованою водою. Зберігання культур за температури мінус  $(18\pm 2)$  °С подовжує термін зберігання всіх МКБ до 12 місяців. Встановлено, що культура *L. rhamnosus* більш чутлива до сублімаційного сушіння порівняно з культурами *L. plantarum* та *L. paracasei ssp. paracasei*. Захисне середовище слід підбирати не тільки для роду, а й для окремого виду мікроорганізму.

### Література

1. *Методы общей бактериологии* / Под ред. Ф. Герхарда. — М.: Мир, 1983. — Т. 1. — 536 с.
2. *Сидякина Т.М.* Консервация микроорганизмов / Т.М. Сидякина. — Пущино: ОНТИ НЦБИ, 1985. — 63 с.
3. *Malik K.A.* Liquid-drying of microorganisms using a simple apparatus // *World Journal of Microbiology and Biotechnology*. — 1992. — V. 8. — P. 80—82.
4. *Белоус А.М.* Криоконсерванты / А.М. Белоус, М.И. Шраго, Н.С. Пушкар. — К.: Наукова думка, 1979. — 198 с.
5. *Брусиловский Л.П.* Управление процессами культивирования микроорганизмов, заквасок и кисломолочных продуктов / Л.П. Брусиловский, Л.А. Банникова, И.А. Вайнберг. — М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982. — 128 с.
6. *Продукты пищевые. Методы определения молочнокислых микроорганизмов: ГОСТ 10444.11* — 89. — [Дата введения 1991-01-01]. — М.: Издательство стандартов, 1990. — С. 15 (Межгосударственный стандарт).
7. *Сотченко О.Г.* Изучение некоторых аспектов технологии получения бактериальных концентратов / О.Г. Сотченко // *Весті НАНБ, Серія аграрних наук*. — 2006. — № 5. — С. 230—232.
8. *Тихонов И.В.* Биотехнология / Учебник / [И.В. Тихонов, Е.А. Рубан, Т.Н. Грязнева и др]; под ред. Е.С. Воронина — СПб.: ГИОРД, 2008. — 704 с.

## СОХРАНЕНИЕ КУЛЬТУР МОЛОЧНОКИСЛЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ

С.Г. Даниленко

*Институт продовольственных ресурсов*

*В статье исследовано влияние различных по составу защитных сред на сохранение молочнокислых микроорганизмов различных видов при лиофилизации и продолжительном хранении. Показана необходимость подбора защитной среды для каждого вида, а не для рода микроорганизма.*

**Ключевые слова:** *защитные среды, лиофилизация, микроорганизмы, хранение.*



## EFFECT OF EXOGENOUS PRECURSORS ON BIOSURFACTANTS SYNTHESIS UNDER *NOCARDIA VACCINII* IMB B-7405 CULTIVATION ON INDUSTRIAL WASTE

K. Beregova

National University of Food Technologies

---

**Key words:**

*Industrial waste*  
*Nocardia vaccinii* IMB  
*B-7405*  
*Exogenous precursors*

**Article history:**

Received 06.10.2014  
Received in revised form  
25.10.2014  
Accepted 15.11.2014

**Corresponding author:**

K. Beregova  
**E-mail:**  
npnuht@ukr.net

---

**ABSTRACT**

The possibility of intensification of microbial surface-active agents (biosurfactants) synthesis by addition of exogenous precursors into cultivation medium of *Nocardia vaccinii* IMB B-7405 was investigated. Adding 0,1 % glucose into medium with fried sunflower oil (2 %) in exponential growth phase of *N. vaccinii* IMB B-7405 and using inoculum grown on molasses was accompanied by increase in concentrations of biosurfactants in 2,6 times compared with cultivation without precursors. It was established that after addition of 0,05 % fried sunflower oil into medium with molasses (2 %) and using inoculum grown on oil contained medium the amount of synthesized surfactants increased by 2,8 times in comparison with those without oil. Obtained results can be used to improve the technology of *N. vaccinii* IMB B-7405 biosurfactants on industrial waste.

---

## ВПЛИВ ЕКЗОГЕННИХ ПОПЕРЕДНИКІВ НА СИНТЕЗ ПОВЕРХНЕВО-АКТИВНИХ РЕЧОВИН ЗА УМОВ РОСТУ *NOCARDIA VACCINII* IMB B-7405 НА ПРОМИСЛОВИХ ВІДХОДАХ

Х.А. Берегова

Національний університет харчових технологій

У статті досліджено можливість інтенсифікації синтезу мікробних поверхнево-активних речовин (ПАР) за рахунок додавання екзогенних попередників у середовище культивування *Nocardia vaccinii* IMB B-7405. Внесення в експоненційній фазі росту *N. vaccinii* IMB B-7405 0,1 % глюкози у середовище з пересмаженою соняшниковою олією (2 %) і використання інокуляту, вирощеного на мелясі, призводило до підвищення концентрації синтезованих ПАР у 2,6 рази порівняно з культивуванням бактерій на середовищі без попередника. Встановлено, що додавання на початку процесу культивування 0,05 % пересмаженої соняшникової олії у середовище з мелясою (2 %) і використання посівного матеріалу, вирощеного на олії, супроводжувалось підвищенням кількості ПАР у 2,8 рази порівняно з показниками на середовищі без олії. Отримані

дані можуть бути використані для вдосконалення технології синтезу мікробних ПАР штамом ІМВ В-7405 на промислових відходах.

**Ключові слова:** промислові відходи, *Nocardia vacciniі* ІМВ В-7405, екзогенні попередники.

Потреби людства у поверхнево-активних речовинах (ПАР) є досить значними. Так, у 2007 р. виробництво ПАР досягло близько 10 млн т [1], проте більшість з них є хімічно синтезованими, тому їх використання є небажаним, оскільки шкодить довкіллю. Альтернативою синтетичним аналогам є мікробні ПАР — нетоксичні, біодеградабельні і стійкі у широких межах температури та рН [1]. Перспективним напрямком застосування мікробних ПАР є очищення навколишнього середовища від комплексних забруднень [3], а завдяки високій біологічній активності даний клас сполук може бути використаний у медицині і сільському господарстві для створення антимікробних й антиадгезивних препаратів [6]. Проте, незважаючи на очевидні переваги мікробних ПАР перед синтетичними аналогами, їх промислове виробництво є нерентабельним через високу вартість субстратів для біосинтезу і низький вихід кінцевого продукту. З іншого боку, проблемою сьогодення є необхідність утилізації значної кількості промислових відходів, як, наприклад, пересмаженої соняшникової олії: тільки у США в середньому на тиждень утворюється 100 млрд л олієвісних відходів [6], а Європа, як і раніше, є найбільшим виробником біодизелю (до 2400 тис. м<sup>3</sup> у рік), з якого у великих кількостях як побічні продукти утворюються гліцерин, метанол, солі, мила [3].

Відомо [1—6], що мікроорганізми можуть використовувати відходи різних галузей промисловості для синтезу практично цінних метаболітів. При споживанні технічного гліцерину бактеріями *Klebsiella pneumoniae* DSM 2026 синтезується 59,5 г/л 1,3-пропандіолу [4]. *Lactococcus lactis*, які широко використовуються у харчовій промисловості як пробіотичні штами, є ауксотрофами та потребують дорогих селективних середовищ, проте у [5] показано можливість біосинтезу молочної кислоти та ПАР *Lactococcus lactis* СЕСТ-4434 на виноградній лозі й винному дистилаті (концентрація молочної кислоти — 14,3 г/л, ПАР — 1,7 мг/л). У [2] досліджено синтез ПАР мутантним штамом *Pseudomonas aeruginosa* EBN-8 з використанням ряду пересмажених олій як джерел вуглецю та за наявності попередника рамноліпідної природи в умовах періодичного культивування. Концентрація синтезованих ПАР *P. aeruginosa* EBN-8 на пересмаженій олії підвищувалась до 4,1 г/л за внесення на початку культивування 0,05 г/л рамноліпідів, тоді як без додавання попередника становила 3,3 г/л [2]. Бактерії *Ochrobactrum anthropi* 2/3 на середовищі з 25 % пальмової олії й 1 % глутамату натрію синтезували 4,52 г/л ПАР, які підвищували розчинність поліароматичних вуглеводнів у ґрунті [7]. Наведені дані про здатність мікроорганізмів синтезувати ПАР на різноманітних відходах є досить цікавими, проте вимагають подальших досліджень з метою реалізації біосинтезу у промислових масштабах.

**Об'єкт досліджень.** Штам *Nocardia vacciniі* ІМВ В-7405 виділений із забруднених нафтою зразків ґрунту та зареєстрований в Депозитарії мікро-

організмів Інституту мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного Національної академії наук України за номером ІМВ В-7405 [8]. Встановлено здатність даного штаму синтезувати метаболіти з поверхнево-активними властивостями на гідрофобних і гідрофільних субстратах [8—10]. Показано, що за хімічною природою ПАР *N. vaccinii* ІМВ В-7405 є комплексом гліко-, аміно- і нейтральних ліпідів (гліколіпіди представлені трегалозоміколатами) [8]. Встановлено оптимальні умови культивування штаму на гліцерині, що забезпечують максимальний синтез ПАР [9], зокрема внесення у середовище цитрату натрію (регулятор синтезу ліпідів) і С<sub>4</sub>-дикарбонових кислот (попередники глюконеогенезу) [9, 10].

**Мета статті.** Дослідити можливість інтенсифікації синтезу ПАР за умов росту *N. vaccinii* ІМВ В-7405 на відпрацьованій (пересмаженій) соняшниковій олії і мелясі за наявності екзогенних попередників вуглеводної і ліпідної природи.

**Методи досліджень.** Культивування бактерій здійснювали на рідкому мінеральному середовищі такого складу (г/л): NaNO<sub>3</sub> — 0,5; MgSO<sub>4</sub>×7H<sub>2</sub>O — 0,1; CaCl<sub>2</sub>×2 H<sub>2</sub>O — 0,1; KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> — 0,1; FeSO<sub>4</sub>×7H<sub>2</sub>O — 0,1. Як джерело вуглецю використовували пересмажену соняшникову олію та мелясу у концентрації 2 % (об'ємна та масова частка за вуглеводами відповідно). У середовище додатково вносили дріжджовий автолізат — 0,5 % (об'ємна частка). В одному з варіантів на початку процесу культивування, в експоненційній і стаціонарній фазі росту штаму ІМВ В-7405, у середовище з пересмаженою соняшnikовою олією додатково вносили глюкозу (0,05—0,1 %), а в середовище з мелясою — пересмажену соняшникову олію (0,05—0,1 %). Як посівний матеріал використовували культуру з експоненційної фази росту, вирощену на середовищі наведеного складу з 0,5% соняшnikової олії або меляси. Кількість інокуляту — 10 % від об'єму середовища. Культивування *N. vaccinii* ІМВ В-7405 здійснювали в колбах об'ємом 750 мл із 100 мл середовища на качалці (320 об/хв) при 30 °С упродовж 120 год [8, 9].

Концентрацію позаклітинних ПАР (г/л) визначали ваговим методом після екстракції ПАР з супернатанту, який одержували центрифугуванням постферментаційної культуральної рідини упродовж 45 хв при 5000 об/хв. Для екстракції поверхнево-активних ліпідів у циліндричну ділильну воронку об'ємом 100 мл вносили 25 мл супернатанту і 25 мл суміші Фолча (хлороформ і метанол, 2:1), струшували (з метою екстракції ліпідів) упродовж 5 хв. Отриману після екстракції суміш залишали у воронці для розділення фаз, після чого нижню фракцію збирали (органічний екстракт 1), а водну фазу піддавали повторній екстракції. При повторній екстракції до водної фази додавали 25 мл суміші Фолча і проводили екстракцію ліпідів протягом 5 хв. Після розділення фаз збирали нижню фракцію й отримували органічний екстракт 2. На третьому етапі до водної фази додавали 25 мл суміші Фолча і здійснювали екстракцію, як описано вище, отримуючи органічний екстракт 3. Екстракти 1—3 упарювали на роторній випарній установці ІР-1М2 (Росія) при температурі 50 °С і абсолютному тиску 0,6 атм до постійної маси. Всі дослідження проводили у трьох повторностях. Статистичну обробку експериментальних даних проводили за Лакінім [11].

**Результати і обговорення.** Ідея внесення у середовище з гліцерином цитрату (регулятор синтезу ліпідів) і фумарату (попередник глюконеогенезу), реалізована у попередніх дослідженнях [10], базувалась на тому, що *N. vaccinii* ІМВ В-7405 синтезує комплекс аміно-, гліко- та нейтральних ліпідів.

Оскільки основним компонентом гліколіпідів є трегалозоміколати, то цілком можливо, що додавання у середовище із соняшниковою олією глюкози буде супроводжуватись підвищенням синтезу ПАР.

**Таблиця 1. Вплив глюкози на синтез ПАР за умов росту штаму ІМВ В-7405 на соняшниковій олії (2 %)**

Субстрат для одержання інокуляту	Концентрація глюкози, %	Момент внесення глюкози (фаза росту)	Концентрація ПАР, г/л
Меляса негідролізована	0,1	Лаг-фаза	3,6 ± 0,18
		Експоненційна	4,9 ± 0,24
		Стационарна	1,6 ± 0,08
	0,05	Лаг-фаза	2,6 ± 0,13
		Експоненційна	3,2 ± 0,16
		Стационарна	4,3 ± 0,21
0	Контроль (без глюкози)	1,9 ± 0,09	
Пересмажена олія	0,1	Лаг-фаза	3,9 ± 0,19
		Експоненційна	2,4 ± 0,12
		Стационарна	3,0 ± 0,15
	0,05	Лаг-фаза	3,1 ± 0,15
		Експоненційна	3,2 ± 0,16
		Стационарна	3,8 ± 0,19
0	Контроль (без глюкози)	1,7 ± 0,03	

**Таблиця 2. Вплив соняшникової олії на синтез ПАР за умов росту штаму ІМВ В-7405 на мелясі (2 %)**

Субстрат для одержання інокуляту	Концентрація олії, %	Момент внесення олії (фаза росту)	Концентрація ПАР, г/л
Меляса негідролізована	0,1	Лаг-фаза	1,1 ± 0,05
		Експоненційна	3,5 ± 0,17
		Стационарна	2,0 ± 0,10
	0,05	Лаг-фаза	3,2 ± 0,16
		Експоненційна	3,6 ± 0,18
		Стационарна	4,5 ± 0,22
0	Контроль (без глюкози)	1,6 ± 0,08	
Пересмажена олія	0,1	Лаг-фаза	4,4 ± 0,22
		Експоненційна	3,2 ± 0,16
		Стационарна	1,4 ± 0,07
	0,05	Лаг-фаза	4,7 ± 0,23
		Експоненційна	2,2 ± 0,11
		Стационарна	3,2 ± 0,16
0	Контроль (без глюкози)	1,7 ± 0,03	

З результатів, наведених у табл. 1, видно, що внесення 0,05—0,1 % глюкози у середовище з пересмаженою соняшниковою олією приводило до підвищення концентрації ПАР *N. vaccinii* ІМВ В-7405 у 1,4—2,6 рази порівняно з вирощуванням бактерій на середовищі без глюкози. Концентра-

ція ПАР залежала від способу підготовки інокуляту. Так, за використання меляси як субстрату для одержання посівного матеріалу спостерігали максимальне збільшення концентрації ПАР (у 2,6 раза). Показники синтезу ПАР залежали від моменту внесення глюкози у середовище із соняшниковою олією. Так, за додавання глюкози в експоненційній і стаціонарній фазі росту штаму ІМВ В-7405 кількість синтезованих ПАР становила 4,9 г/л та 4,3 г/л відповідно. Ефект від додавання 0,1 % чи 0,05 % глюкози був практично однаковим, проте з економічної точки зору доцільніше використовувати нижчу концентрацію попередника.

На наступному етапі досліджували вплив пересмаженої соняшникової олії за умов росту *N. vaccinii* ІМВ В-7405 на мелясі (табл. 2). Найвищі показники синтезу (4,4—4,7 г/л) спостерігали за внесення 0,05 % олії на початку процесу культивування з використанням інокуляту, вирощеного на олієвмісному середовищі. За використання інокуляту, вирощеного на мелясі, концентрація синтезованих ПАР досягала максимального значення (4,5 г/л) за внесення 0,05 % олії у стаціонарній фазі росту.

### Висновки

Отже, в результаті проведеного дослідження встановлено можливість підвищення синтезу ПАР за умов росту *N. vaccinii* ІМВ В-7405 на промислових відходах (мелясі та пересмаженій соняшниковій олії) внесенням екзогенних попередників вуглеводної й ліпідної природи.

Встановлено, що додавання в середовище із соняшниковою олією 0,05—0,1 % глюкози, а в середовище з мелясою 0,05—0,1 % соняшникової олії супроводжувалось підвищенням показників синтезу ПАР у 1,3—2,8 раза.

### Література

1. *Randhir S.M.* Advances in utilization of renewable substrates for biosurfactant production / S.C. Swaranjit, I.M. Banat / AMB Express. — 2011. — Vol. 1, # 5. — P. 1—19.
2. *Raza Z.A.* Production kinetics and tensioactive characteristics of biosurfactant from a *Pseudomonas aeruginosa* mutant grown on waste frying oils / M.S. Khan, M.Z. Khalid, A. Rehman / Biotechnol. Lett. — 2006. — Vol. 28, # 20. — P. 1623—1631.
3. *Almeida J.R.M.* Biodiesel biorefinery: opportunities and challenges for microbial production of fuels and chemicals from glycerol waste / L.C.L. Fávoro B.F. Quirino / Biotechnol. for Biofuels. — 2012. — Vol. 5, # 48. — In press.
4. *Gonen C.* Comparative evaluation of pumice stone as an alternative immobilization material for 1,3-propanediol production from waste glycerol by immobilized *Klebsiella pneumoniae* / M. Gungormusler, N. Azbar / Appl. Biochem. Biotechnol. — 2012. — Vol. 168, # 8 — P. 2136—2147.
5. *Rodriguez N.* Use of waste materials for *Lactococcus lactis* development / A. Torrado, S. Cortes, J. Domingues / J. Sci. Food Agric. — 2010. — Vol. 90, # 10. — P. 1726—1734.
6. *Rufino R.* Antimicrobial and anti-adhesive potential of a biosurfactant Rufisan produced by *Candida lipolytica* UCP 0988 / J. Luna, L. Sarubbo, L. Rodrigues, J. Teixeira / Lett. Appl. Microbiol. — 2011. — Vol. 84, # 1. — P. 1—5.

7. Noparat P. Utilization of palm oil decanter cake as a novel substrate for biosurfactant production from a new and promising strain of *Ochrobactrum anthropi* 2/3 / S. Maneerat, A. Saimmai // W. J. of Microbiol. and Biotechnol. doi: 10.1007/s11274-013-1493-z. Epub 2013 Oct 1.

8. Пирог Т.П. Использование иммобилизованных на керамзите клеток нефтеокисляющих микроорганизмов для очистки воды от нефти / Т.А. Шевчук, И.Н. Волошина, Н.Н. Гречирчак // Прикладная биохимия и микробиология. — 2005. — Т. 41, № 1. — С. 58—63.

9. Пирог Т.П. Оптимизация синтеза поверхностно-активных веществ *Nocardia vaccinii* К-8 при биоконверсии отходов производства биодизеля / Н.А. Гриценко, Д.И. Хомяк, А.Д. Конон, С.И. Антонюк // Микробиол. журнал. — 2011. — Т. 73, № 4. — С. 15—24.

10. Підгорський В.С. Інтенсифікація технологій мікробного синтезу / В.С. Підгорський, Г.О. Іутинська, Т.П. Пирог. — К.: Наук. думка, 2010. — 327 с.

11. Лакин Г.Ф. Биометрия / Г.Ф. Лакин. — М.: Высшая школа, 1990. — 352 с.

## **ВЛИЯНИЕ ЭКЗОГЕННЫХ ПРЕДШЕСТВЕННИКОВ НА СИНТЕЗ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ ПРИ КУЛЬТИВИРОВАНИИ *NOCARDIA VACCINII* IMB B-7405 НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДАХ**

**К.А. Береговая**

*Национальный университет пищевых технологий*

*В статье исследована возможность интенсификации синтеза микробных поверхностно-активных веществ (ПАВ) добавлением экзогенных предшественников в среду культивирования *Nocardia vaccinii* IMB B-7405. Внесение в экспоненциальной фазе роста *N. vaccinii* IMB B-7405 0,1 % глюкозы в среду с пережаренным подсолнечным маслом (2 %) и использование инокулята, выращенного на мелассе, приводило к повышению концентрации синтезированных ПАВ в 2,6 раза по сравнению с культивированием бактерий на среде без предшественника. Установлено, что добавление в начале процесса 0,05 % пережаренного подсолнечного масла в среду с мелассой (2 %) и использование посевного материала, выращенного на масле, сопровождалось повышением количества ПАВ в 2,8 раза по сравнению с показателями на среде без масла. Полученные данные могут быть использованы для усовершенствования технологии синтеза микробных ПАВ штаммом IMB B-7405 на промышленных отходах.*

**Ключевые слова:** *промышленные отходы, *Nocardia vaccinii* IMB B-7405, экзогенные предшественники.*

УДК 759.873.088.5:661.185

## **PERSPECTIVES OF USING MICROBIAL SURFACE-ACTIVE SUBSTANCES IN AGRICULTURE AND MEDICINE**

**I. Savenko**

*National University of Food Technologies*

---

**Key words:**

*Bacterioses*  
*Antibiotic resistance*  
*Microbial surface-active substances*  
*Antimicrobial properties*

**Article history:**

Received 20.09.2014  
Received in revised form  
15.10.2014  
Accepted 26.11.2014

**Corresponding author:**

I. Savenko  
**E-mail:**  
npnuht@ukr.net

---

**ABSTRACT**

The current literature data about the generally accepted methods dealing with bacterioses of crops (agronomic, physical and mechanical methods, the use of pesticides and antibiotics) and their disadvantages have been analyzed in the article. One of the possible solutions of the abovementioned problems is the use of environmentally safe microbial surface-active substances (SAS) having antimicrobial and antiadhesive properties due to which they can be used in agriculture to control the pathogenic microorganisms quantity and in medical industry to prevent the emergence of antibiotic resistant pathogens diseases.

## **ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ МІКРОБНИХ ПОВЕРХНЕВО-АКТИВНИХ РЕЧОВИН У СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ І МЕДИЦИНІ**

**І.В. Савенко**

*Національний університет харчових технологій*

*У статті наведено сучасні літературні дані про загальноприйняті методи боротьби з бактеріозами сільськогосподарських рослин (агротехнічні, фізико-механічні методи, застосування пестицидів і антибіотиків). Одним із можливих варіантів вирішення наведених вище проблем є використання екологічно безпечних мікробних поверхнево-активних речовин (ПАР), яким притаманні антимікробні й антиадгезивні властивості, завдяки чому вони можуть бути застосовані у сільському господарстві для контролю чисельності фітопатогенних мікроорганізмів і в медицині для унеможливлення виникнення антибіотикорезистентних збудників захворювань.*

**Ключові слова:** *бактеріози, антибіотикорезистентність, мікробні поверхнево-активні речовини, антимікробні властивості.*

Упродовж останніх 50 років значних масштабів набуло використання антибіотиків у сільському господарстві, медицині, ветеринарії. Застосування

цих препаратів допомогло більшості аграріям України і світу у боротьбі з грибними захворюваннями сільськогосподарських рослин. Завдяки антибіотикам у медичній практиці знизилась кількість післяопераційних ускладнень, захворюваність і смертність від інфекцій. Але, крім позитивного результату, значним негативним наслідком широкого застосування антибіотичних речовин у різних сферах життя є виникнення резистентних форм мікроорганізмів [1].

Важливим аспектом догляду за посівами сільськогосподарських культур є застосування пестицидів, які, крім захисної дії, виконують регулюючу функцію. На жаль, наслідком використання речовин хімічного походження є забруднення ґрунту, підземних вод.

На сьогодні особливу увагу науковців як антимікробні агенти привертають поверхнево-активні речовини (ПАР) мікробного походження завдяки екологічній безпечності, стабільності у широкому діапазоні рН і температур порівняно із синтетичними аналогами [2].

**Мета дослідження.** Узагальнення сучасних літературних даних про загальноприйняті методи боротьби з бактеріозами сільськогосподарських рослин, аналіз використання мікробних ПАР для контролю чисельності фітопатогенних мікроорганізмів, а також у медицині для унеможливлення виникнення антибіотикорезистентних збудників захворювань.

**Виклад основних результатів дослідження.** Гострою проблемою аграріїв України в останні роки стало поширення маловідомих бактеріозів, які донедавна знищували 2—5 % урожаю [3]. Відсоток уражених цими хворобами рослин значно зростає з кожним роком, що ставить під загрозу національний аграрний сектор економіки в сучасних умовах. Одна з причин несвочасного виявлення бактеріозів — схожість симптоматики цих захворювань із нестачею поживних елементів.

Загальноприйнятими методами для боротьби із збудниками бактеріозів рослин є агротехнічні, фізико-механічні, хімічний, а також застосування антибіотиків.

Агротехнічний метод передбачає використання стійких сортів, обробку ґрунту, очищення і сортування насіння, удобрення. На жаль, за практичного використання техніки для обробки площ відбувається загортання післязбиральних решток рослин, які є джерелом збереження і поширення навесні бактеріальних хвороб [4].

Фізико-механічний метод передбачає очищення насіння на зерноочисних машинах і його подальше термічне знезараження. Негативні наслідки цього методу очевидні: трудомісткий, деякі операції проводяться вручну, загибель не лише фітопатогенних мікроорганізмів, а й корисної мікрофлори зерна [4].

Основою хімічного методу є використання пестицидів, що активно пригнічують або порушують розвиток фітопатогенів. Ці речовини є одним із найнебезпечніших факторів забруднення навколишнього середовища та збільшення кількості хворих на рак людей [4].

Використання антибіотиків для боротьби з бактеріозами рослин у сільському господарстві спричиняє виникнення резистентних до них форм бактерій. З точки зору біобезпеки, антибіотики, яким притаманна біологічна активність, потенційно небезпечні не лише для шкідливих мікроорганізмів, а й для всієї живої природи і здоров'я людини, враховуючи їх нерегламентоване використання в сільському господарстві [5].



Враховуючи наведені вище ознаки, можна зробити висновок про необхідність використання альтернативних засобів захисту сільськогосподарських рослин від бактеріозів.

Біологічний метод захисту рослин має величезні перспективи застосування і не має альтернатив в організації екологічного землеробства. Прикладом є біологічний препарат триходермін, що виготовляється на основі біомаси грибів роду *Trichoderma*, які пригнічують розвиток фітопатогенів шляхом конкуренції за субстрат, виділення антибіотиків (глітоксін, триходермін). Для боротьби з бактеріозами рослин на основі живих клітин різосферних бактерій *Pseudomonas fluorescens* створено біопрепарат різоплан. З цією ж метою, використовуючи два штами *P. fluorescens* (BR-13K та EP-01N), розроблено препарат гаупсин [6].

У [7] досліджено антимікробну активність штамів роду *Bacillus* щодо фітопатогенів родів *Burkholderia*, *Erwinia*, *Pseudomonas*, *Xanthomonas*, *Ralstonia*. Встановлено можливість *Bacillus sp.* VPS50.2 до синтезу бактеріоцинів. Масспектрометричним аналізом доведено здатність до утворення штамом SS12.9 поверхнево-активних ігуринів, яким теж притаманна антимікробна дія щодо *Xanthomonas oryzae pv. oryzae*. Ігурин і сурфактин (поверхнево-активні ліпопептиди штаму *Bacillus subtilis* OE-1R) у концентрації 5 мг/мл проявляли антимікробну дію щодо *Xanthomonas campestris* і *Xanthomonas axonopodis* [7].

У [8] показано можливість штаму *Bacillus natto* ТК-1 продукувати ліпопептиди, яким притаманна антибактеріальна активність проти збудників бактеріальних захворювань томатів (*Pseudomonas lycopersicum*, *Xanthomonas campestris pv. vesicatoria*). Встановлено антимікробну дію ПАР *Rhodococcus erythropolis* ІМВ Ас-5017, *Acinetobacter calcoaceticus* ІМВ В-7241 і *Nocardia vaccini* ІМВ В-7405 щодо фітопатогенних бактерій (*Pseudomonas syringae* 9086, *Pseudomonas corrugate* 9070, *Xanthomonas translucens* 9127).

У [9] показано, що через 2 години обробки відповідними препаратами ПАР (0,15—0,4 мг/мл) виживання патогенних бактерій ( $10^5$ — $10^7$  в мл) становило 0—33 %. За наявності ПАР штаму ІМВ В-7405 (0,085—0,85 мг/мл) кількість клітин досліджуваних тест-культур знизилася на 95—100 %.

Резистентність мікроорганізмів до антибіотиків стала однією з основних проблем медичної практики. Так, щороку у США більш як у 2 млн пацієнтів виявляють захворювання, спричинені стійкими штамми бактерій і, як наслідок, 23 000 летальних випадків [10].

Особливу увагу науковців привертають антибіотикорезистентні штами грамнегативних патогенів, у яких стійкість виникає абсолютно до всіх препаратів, що використовуються для лікування відповідних інфекційних хвороб. Схожа ситуація спостерігається і для деяких грампозитивних бактерій (*Staphylococcus* та *Enterococcus*). Наприклад, дослідження бактерій родів *Staphylococcus* і *Enterococcus*, виділених із тканин хворих, показали, що саме ген *cfr* надає стійкості до феніколів, лінкозамідів, оксазолідінонів, які використовувались для лікування [11].

У зв'язку із значними темпами зростання кількості антибіотикорезистентних штамів актуальним є пошук альтернативних речовин, яким притаманна антимікробна дія. Такими сполуками можуть бути мікробні ПАР, які здатні

проявляти фунгіцидну та бактерицидну дію щодо мікроорганізмів, які набули стійкості до сучасних антибіотичних препаратів. Завдяки таким властивостям мікробні ПАР є перспективними для використання в медицині [5].

У [12] встановлено, що поверхнево-активні ліпопептиди, синтезовані бактеріями *Staphylococcus sp.* 1E на середовищі з оливковою олією, проявляли антимікробну дію щодо *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* та *B. subtilis*. Методом дифузії в агар культуральної рідини визначено діаметр затримки росту досліджуваних мікроорганізмів, який становив 12, 16, 10 та 13 мм відповідно.

У [13] встановлено антимікробну активність ліпо- і глікопептидів грамнегативних бактерій *Sphingobacterium detergens sp.* 6.2S щодо представників родів *Pseudomonas* і *Staphylococcus*. Антимікробну дію ПАР *S. detergens sp.* 6.2 S (1,2 г/л) визначали методом дифузії в агар. При цьому спостерігалось інгібування росту мікроорганізмів, діаметр зони затримки росту тест-культур становив 9—12 мм [13].

У [14] показано, що *B. subtilis* CWBI-B1567 і *B. mojavensis* CWBI-B1568, завдяки синтезу поверхнево-активних сурфактину та ітурину, здатні проявляти антифунгальну дію щодо дріжджів *Candida albicans*. За використання дисків, оброблених супернатантами штамів CWBI-B1567 і CWBI-B1568, зона затримки росту тест-культури становила 23 і 19 мм відповідно. Встановлено, що штам CWBI-B1568 синтезує ще й фенгіцин (протигрибковий ліпопептид) [14].

Останніми роками дослідники активно шукають препарати для боротьби із патогенними бактеріями *Haemophilus parasuis*, які здатні викликати хворобу Глассера у свиней, а при споживанні м'яса людиною — бактеріальні пневмонії. Так, у [15] науковці вивчали антагоністичну активність антимікробних речовин, що продукуються бактеріями роду *Bacillus* щодо *H. parasuis*. Повне пригнічення росту *H. parasuis* спостерігалось за дії пептидів (20 мкг/мл) штаму *B. subtilis* ATCC 6633 вже через 20 хв [15].

Рамноліпіди відомі досить давно, але зацікавленість ними науковців не знижується. Так, у [16] встановлено антимікробні властивості рамноліпідів *P. fluorescens* MFS03 щодо клітин *E. coli*. Зона затримки росту тест-культури становила 10—15 мм за обробки препаратом штаму MFS03 з концентрацією 10—50 мкг/мл.

У [17] показано антимікробну дію гліколіпідів, синтезованих *P. aeruginosa* MR01 та MASH1. Так, мінімальна інгібуюча концентрація (МІК) ПАР штамів MR01 та MASH1 щодо *Staphylococcus aureus* ATCC 29213 становила 128 та 512 мкг/мл. Встановлено, що МІК гліколіпідів *P. aeruginosa* MR01 (128 мкг/мл) щодо деяких грамположитивних бактерій є вищою у 2 рази, ніж щодо грибів *Aspergillus niger* ATCC 14604 (64 мкг/мл), *Chaetoniium globosum* (64 мкг/мл), *Penicillium funiculosum* CECE 2914 (32 мкг/мл) [17].

У [18] досліджено антимікробну дію псевдофактину II — ліпопептид пальмітинової кислоти, синтезований *P. fluorescens* BD5 щодо штамів мікроорганізмів, виділених із кишково-шлункового тракту тварин і медичного обладнання. Найефективніше псевдофактин II діяв у концентрації 0,5 мг/мл на *E. coli* ATCC 25922 — зниження виживання на 30 %, *Enterococcus faecalis*

ATCC 29212, *Enterococcus hirae* ATCC 10541 (20 %), *Staphylococcus epidermidis* KCTC 1917 (100 %), *Pseudomonas mirabilis* ATCC 21100 (40 %) і дріжджів *C. albicans* ATCC 20231 (20 %) [18].

У [19] досліджено антимікробну дію рамноліпідів, синтезованих представниками роду *Pseudomonas*, і софороліпідів (як продуценти дріжджі *Candida*) щодо деяких бактерій і грибів. Визначено МІК препарату ПАР *P. aeruginosa* щодо *B. subtilis*, яка становила 22,5 мкг/мл. Варто зауважити, що софороліпідам *Candida bombicola* необхідні на порядки вищі концентрації (6000—29 000 мкг/мл) щодо бацил [19].

У [20] вперше показано можливість використання білка *phaR* як антимікробного агента. Більшість бактерій утворюють полігідроксиалканоати у вигляді гранул, у синтезі яких значну роль відіграє відповідний регуляторний білок *phaR*, до складу якого входить амфифільна частина. Автори досліджували наявність антимікробної дії регуляторного білка, синтезованого рекомбінантним штамом *E. coli* BL21 (DE3). Як препарати використовували розчини з концентрацією *phaR* 20—100 мкг/мл. Встановлено МІК щодо *S. aureus* — 80 мкг/мл. Також проводилося дослідження антимікробної дії розчинів *phaR* (50—200 мкг/мл) стосовно *E. coli*. Не спостерігалось росту тест-культури за наявності у середовищі 150 мкг/мл *phaR* [20].

## Висновки

Таким чином, мікробні ПАР завдяки своїм властивостям можуть бути використані у сільському господарстві для боротьби з бактеріальними захворюваннями рослин та у медицині для унеможливлення виникнення стійких до антибіотиків форм збудників інфекцій. Особливістю екологічно безпечних мікробних ПАР є специфічний механізм дії на мікроорганізми, в результаті якого виникнення резистентних форм неможливе.

## Література

1. Hojgard S. Antibiotic resistance. Why is the problem so difficult to solve? / S. Hojgard, K. Faruk // *Infect. Ecol. Epidemiol.* — 2012. — Vol. 7, # 14. — P. 1113—1124.
2. Kalyani R. Recent potential usage of surfactant from microbial origin in pharmaceutical and biomedical arena: a perspective / R. Kalyani, M. Bishwambhar, V. Suneetha // *Int. Res. J. Pharm.* — 2011. — Vol. 2, # 8. — P. 11—15.
3. Машуцький К.Л. В Україні загинуло 8,5 % площі озимих зернових / К.Л. Машуцький, С.О. Степанов // *Корреспондент. biz.* — 2012. — Т. 17, # 6. — С. 5—7.
4. Косилович Г.О. Інтегрований захист рослин / Г.О. Косилович, О.М. Коханець. — Л.: Львівський нац. аграрний університет, 2010. — 165 с.
5. Meenakshi T. Role of elicitors in inducing resistance in plants against pathogen infection / T. Meenakshi, S. Baldev // *ISRN Biochemistry.* — 2013. — Vol. 27, # 12. — P. 93—103.
6. Черницький Ю.О. Мікробні препарати у біоконтролі фітопатогенів / Ю.О. Черницький, С.М. Черствий, І.В. Гриник та ін. // *Агроєкологічний журнал.* — 2010. — Т. 12, № 4. — С. 65—67.

7. *Beric T.* Antimicrobial activity of *Bacillus sp.* natural isolates and their potential use in the biocontrol of phytopathogenic bacteria / T. Beric, M. Kojic, S. Stankovic, L. Topisirovic, G. Degrassi, M. Myers, V. Venturi, D. Fira // Food Technol. Biotechnol. — 2012. — Vol. 50, # 1. — P. 25—31.

8. *Cao X.* Evaluation of a lipopeptide biosurfactant from *Bacillus natto* TK-1 as a potential source of antiadhesive, antimicrobial and antitumor activities / X. Cao, Z. Liao, C. Wang et al. // Braz. J. Microbiol. — 2010. — Vol. 40, # 2. — P. 373—379.

9. *Pokora K.A.* Antimicrobial activity of exocellular metabolites *Acinetobacter calcoaceticus* IMV B-7241, *Rhodococcus erythropolis* IMV Ac-5017, *Nocardia vaccinii* K-8 on phytopathogenic bacteria / K.A. Pokora, K.V. Chebotarova // Ukr. Food J. — 2012. — Vol. 1, # 2. — C. 35—38.

10. *Wiviott-Tishler L.* Drug-resistant bacteria a growing health problem / L. Wiviott-Tishler, E. Wiviott-Tishler // Harvard Health Publ. — 2013. — Vol. 17, # 9. — P. 11—14.

11. *McCluskey S.* Predicting antibiotic resistance, not just for quinolones / S. McCluskey, C. Knapp // Front. Microbiol. — 2011. — Vol. 2, # 178. — P. 221—222.

12. *Eddouaouda K.* Characterization of a novel biosurfactant produced by *Staphylococcus sp.* strain 1E with potential application on hydrocarbon bioremediation / K. Eddouaouda, S. Mnif, A. Badis, B. Younes, S. Cherif, S. Ferhat, N. Mhiri, M. Chamkha, S. Sayadi // J. Basic. Microbiol. — 2012. — Vol. 52, # 4. — P. 408—418.

13. *Burgos-Diaz C.* The production and physicochemical properties of a biosurfactant mixture obtained from *Sphingobacterium detergens sp.* / C. Burgos-Diaz, R. Pons, J. Teruel et al. // J. Colloid Interface Sci. — 2013. — Vol. 15, # 394. — P. 368—379.

14. *Youcer-Ali M.* Antifungal activity and bioactive compounds produced by *Bacillus mojavensis* and *Bacillus subtilis* / M. Youcer-Ali, N. Kacem-Chaouche, L. Dehimat, I. et al. // Afr. J. Microbiol. Res. — 2014. — Vol. 8, # 6. — P. 476—484.

15. *Teixeira M.* Characterization of an antimicrobial peptide produced by *Bacillus subtilis* subsp. *spizezinii* showing inhibitory activity towards *Haemophilus parasuis* / M. Teixeira, A. Dalla Rosa, A. Brandelli // Microbiol. — 2013. — Vol. 159, # 5. — P. 980—988.

16. *Govindammal M.* Investigation on antimicrobial activity of biosurfactant produced by *Pseudomonas fluorescens* isolated from mangrove ecosystem / M. Govindammal, R. Parthasarathi // IRJP. — 2013. — Vol. 4, # 1. — P. 230—232.

17. *Lotfabad B.* Assessment of antibacterial capability of rhamnolipids produced by two indigenous *Pseudomonas aeruginosa* strains / B. Lotfabad, F. Shahcheraghi, F. Shooraj // Jundishapur J Microbiol. — 2013. — Vol. 6, # 1. — P. 29—35.

18. *Janek T.* Antiadhesive and antimicrobial activities of the biosurfactant pseudofactin II secreted by the Arctic bacterium *Pseudomonas fluorescens* BD5 / T. Janek, M. Lukaszewicz, A. Krasowska // BMC Microbiol. — 2012. — Vol. 13, # 1. — P. 108—115.

19. *Cortes-Sanchez A.* Biological activity of glycolipids produced by microorganisms: new trends and possible therapeutic alternatives / A. Cortes-Sanchez,

H. Hernandez-Sanchez, M. Jaramillo-Flores // Microbiol. Rec. — 2013. — Vol. 168, # 1. — P. 22—32.

20. Hong-Kun M. Application of polyhydroxyalkanoate (PHA) synthesis regulatory protein PhaR as a biosurfactant and bactericidal agent / M. Hong-Kun, M. Liu, S. Li, et al. // J. Biotechnol. — 2013. — Vol. 166, # 2. — P. 34—41.

## **ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МИКРОБНЫХ ПОВЕРХНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ И МЕДИЦИНЕ**

**И.В. Савенко**

*Национальный университет пищевых технологий*

*В статье приведены современные литературные данные об общепринятых методах борьбы с бактериозами сельскохозяйственных растений (агротехнические, физико-механические методы, применение пестицидов и антибиотиков). Одним из возможных вариантов решения приведенных выше проблем является использование экологически безопасных микробных поверхностно-активных веществ (ПАВ), обладающих антимикробными и антиадгезивными свойствами, благодаря чему они могут быть применены в сельском хозяйстве для контроля численности фитопатогенных микроорганизмов и в медицине для предотвращения возникновения антибиотикорезистентных возбудителей заболеваний.*

**Ключевые слова:** бактериозы, антибиотикорезистентность, микробные поверхностно-активные вещества, антимикробные свойства.

## SYNTHESIS OF ETHAPOLAN EXOPOLYSACCHARIDE ON THE BASIS OF SUNFLOWER OIL DEPENDING ON INOCULUM QUALITY

T. Pirog, Yu. Olefirenko

National University of Food Technologies

**Key words:**

*Acinetobacter sp.*  
*IMB B-7005*  
*Ethapolan*  
*Microbial*  
*exopolysaccharides*  
*Inoculum*  
*Precursor of biosynthesis*  
*Oil-containing substrates*  
*Cultivation*

**Article history:**

Received 25.09.2014  
Received in revised form  
16.10.2014  
Accepted 24.11.2014

**Corresponding author:**

T. Pirog  
**E-mail:**  
tapirog@nuft.edu.ua

**ABSTRACT**

The effect of nature of carbon and energy source in the medium for inoculum obtaining, as well as exogenous biosynthetic precursors for the formation of microbial exopolysaccharide ethapolan when *Acinetobacter sp.* IMV B-7005 grown in the medium with sunflower oil was investigated. When adding the strain IMV B-7005 to a medium containing sunflower oil (2 % v/v) glucose (0,05 %) or fumarate (0,05 %) at the beginning of stationary growth phase and when applying the inoculum grown on fumarate and glucose respectively, the concentration of synthesized ethapolan was 10—15 % higher than when using inoculum grown on sunflower oil and 55—85 % higher than using the medium without precursors. The ethapolan concentration under cultivation of *Acinetobacter sp.* B-7005 IMV in a medium containing sunflower oil after adding a mixture of fumarate (0,05 %) and glucose (0,05 %) as precursors was 60—70 % higher in comparison with that in the medium without glucose and fumarate and almost did not depend on the nature of carbon source in the medium for obtaining the inoculum (sunflower seed oil, glucose, fumarate).

## СИНТЕЗ ЕКЗОПОЛІСАХАРИДУ ЕТАПОЛАНУ НА СОНЯШНИКОВІЙ ОЛІЇ ЗАЛЕЖНО ВІД ЯКОСТІ ІНОКУЛЯТУ

Т.П. Пирог, Ю.Ю. Олєфіренко

Національний університет харчових технологій

У статті досліджено вплив природи джерела вуглецю й енергії у середовищі для одержання посівного матеріалу, а також екзогенних попередників біосинтезу на утворення мікробного екзополісахариду етаполану за умов росту *Acinetobacter sp.* IMV B-7005 на соняшниковій олії. У разі внесення на початку стаціонарної фази росту штаму IMV B-7005 у середовище із соняшnikовою олією (2 %, об'ємна частка) глюкози (0,05 %) або фумарату (0,05 %) і застосування інокуляту, вирощеного на фумараті й глюкозі відповідно, концентрація синтезованого етаполану була на 10—15 % вищою, ніж за використання посівного матеріалу, вирощеного на соняшниковій олії, і на

55—85 % вищою, ніж на середовищі без попередників. Концентрація етаполану за умов росту *Acinetobacter sp.* ІМВ В-7005 на соняшниковій олії з внесенням як попередників суміші фумарату (0,05 %) і глюкози (0,05 %) була на 60—70 % вищою порівняно з такою ж на середовищі без глюкози і фумарату й практично не залежала від природи джерела вуглецю у середовищі для одержання інокуляту (соняшникова олія, глюкоза, фумарат).

**Ключові слова:** *Acinetobacter sp.* ІМВ В-7005, етаполан, мікробні екзополісахариди, інокулят, попередники біосинтезу, олієвмісні субстрати, культивування.

Упродовж останніх 20—30 років мікробні екзополісахариди (ЕПС — високомолекулярні екзогенні полімери вуглеводної природи) є об'єктом інтенсивних теоретичних і прикладних досліджень [1—5]. Здатність розчинів мікробних ЕПС до гелеутворення, емульгування, суспендування, змінення реологічних характеристик водних систем зумовили широке використання цих біополімерів у нафто- і гірничовидобувній, текстильній, харчовій, фармацевтичній, хімічній промисловості, сільському господарстві і медицині. Мікробні ЕПС мають ряд переваг порівняно з полісахаридами рослинного походження. Так, ці біополімери можна отримувати в потрібних об'ємах незалежно від пори року і кліматичних умов. Економічна доцільність використання мікробних ЕПС зумовлена їх позаклітинною природою і високою продуктивністю синтезу на дешевих субстратах [1—5]. На відміну від хімічних полімерів (поліакриламід), мікробні ЕПС стійкі до температурної, окисної, механічної деструкції, але піддаються біологічній деградації і є нетоксичними, що робить екологічно безпечним їх застосування, наприклад, у нафтодобуванні.

Здатність до синтезу ЕПС виявлено у багатьох мікроорганізмів, проте рівень синтезу цих полімерів коливається в широких межах як для різних продуцентів ЕПС, так і для одного продуцента в різних умовах його культивування [1—5].

В Інституті мікробіології і вірусології НАН України селекціоновано штам бактерій *Acinetobacter sp.* — продуцент комплексного полісахаридного препарату етаполану [1]. Штам зареєстрований у Депозитарії Інституту мікробіології і вірусології НАН України за номером ІМВ В-7005. Етаполан завдяки унікальним фізико-хімічним властивостям можна розглядати як полісахарид мультифункціонального призначення, який може бути використаний у нафтодобувній, харчовій, хімічній промисловості як загущувальний, стабілізувальний, емульгувальний і суспендувальний агент. На основі етаполану розроблено спосіб ізоляції притоку пластових вод, який дає змогу при застосуванні 1 т етаполану видобути додатково до 240 т нафти та знизити її обводнення з 84 до 15 %. З використанням етаполану як головної складової частини розроблено технології виготовлення косметичних кремів під загальною назвою «Екол», технічного мийного засобу «БІМС-1». Завдяки здатності адсорбувати та виводити з організму солі важких металів етаполан може входити до рецептури хлібопродуктів, рекомендованих для профілактичного харчування [1].

Сутевою перевагою етаполану, порівняно з відомими у світі мікробними екзополісахаридами, є можливість його біосинтезу за умов росту продуцента

на широкому наборі вуглеводних і неуглеводних моно- і змішаних субстратів. Нещодавно було встановлено можливість інтенсифікації синтезу етаполану внесенням у середовище культивування *Acinetobacter sp.* ІМВ В-7005 із соняшниковою олією екзогенних попередників (глюкоза і фумарат) [6]. У цих дослідженнях посівний матеріал вирощували на середовищі із соняшниковою олією.

Оскільки ефективність мікробних технологій залежить від якості інокуляту, що використовувався, **мета дослідження** полягає у вивченні впливу природи джерела вуглецю у середовищі для одержання посівного матеріалу на синтез етаполану за умов росту *Acinetobacter sp.* ІМВ В-7005 на соняшниковій олії.

**Методи дослідження.** *Acinetobacter sp.* ІМВ В-7005 вирощували на середовищі такого складу (г/л):  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  — 6,8;  $\text{KOH}$  — 0,9;  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  — 0,4;  $\text{MgSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$  — 0,4;  $\text{CaCl}_2 \times 2\text{H}_2\text{O}$  — 0,1;  $\text{FeSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$  — 0,001. У середовище додатково вносили 0,5 % (об'ємна частка) дріжджового автолізу та 0,0006 % (масова частка) пантотенату кальцію. Як джерело вуглецю й енергії використовували соняшкову олію (0,8—1,2 %, об'ємна частка). На початку стаціонарної фази росту (72 год) у середовище вносили 0,05 % (масова частка) фумарату у вигляді 10-відсоткового розчину фумарату натрію, 0,05 % (масова частка) глюкози, а також суміш глюкози і фумарату масовою часткою 0,05 %. Як посівний матеріал використовували культуру з експоненційної фази росту (24 год), вирощену на мінеральному середовищі наведеного вище складу, що містило як джерело вуглецевого живлення соняшкову олію (0,5 %, об'ємна частка), глюкозу (0,05 %, масова частка) фумарат (0,05 %, масова частка). Кількість посівного матеріалу становила 10 %. Культивування здійснювали у колбах об'ємом 750 мл з 100 мл середовища на качалці (220 об/хв) при 30 °С упродовж 120 год.

Концентрацію біомаси визначали за оптичною густиною клітинної суспензії з подальшим перерахунком на абсолютно суху біомасу клітин (АСБ) згідно з калібрувальним графіком. Ефективність трансформації вуглецю субстратів в ЕПС оцінювали за такими показниками: кількість синтезованих ЕПС і ЕПС-синтезувальна здатність. Кількість синтезованого екзополісахариду встановлювали ваговим методом: ЕПС осаджували з культуральної рідини ізопропанолом, осад промивали у чистому ізопропанолі і висушували при кімнатній температурі упродовж доби. ЕПС-синтезувальну здатність розраховували як відношення кількості синтезованого ЕПС до біомаси та виражали у г ЕПС/г АСБ.

**Результати і обговорення.** Зазвичай у біотехнологічних процесах з метою скорочення тривалості лаг-фази й одержання інокуляту процес виробничого біосинтезу здійснюють на середовищах однакового складу (з одним і тим самим джерелом вуглецевого живлення). Наші попередні дослідження [1] показали, що під час культивування *Acinetobacter sp.* В-7005 не тільки на суміші  $\text{C}_2$ — $\text{C}_6$ -субстратів, а й на монособстраті глюкозі найвищі показники синтезу етаполану спостерігалися за використання інокуляту, вирощеного на  $\text{C}_2$ -сполуках. Встановлено, що застосування такого посівного матеріалу призводить до посилення глюконеогенетичної гілки обміну речовин у клітинах продуцента етаполану, а отже, й підвищення синтезу ЕПС. Крім того, використання інокуляту, вирощеного на ацетаті, дало змогу усунути лімітування метаболізму ацетату під час культивування *Acinetobacter sp.* В-7005 на етанолі, а також суміші етанолу і глюкози [1].



У табл. 1 наведено результати синтезу етаполану на середовищі із соняшниковою олією і використання як попередника біосинтезу глюкози залежно від природи джерела вуглецю у середовищі для одержання посівного матеріалу.

**Таблиця 1. Вплив глюкози (0,05 %) і природи джерела вуглецю у середовищі для одержання інокуляту на синтез етаполану на середовищі з різним вмістом соняшникової олії**

Джерело вуглецю у середовищі для одержання інокуляту	Концентрація соняшникової олії, %	ЕПС (г/л), % від контролю
Соняшникова олія	0,8	155
	0,9	165
	1,0	170
	1,1	170
	1,2	150
Фумарат	0,8	170
	0,9	180
	1,0	185
	1,1	180
	1,2	170

**Примітка.** Контроль (100 %) — показники синтезу ЕПС на середовищі без глюкози. У процесі визначення концентрації ЕПС похибка не перевищувала 5 %.

Результати, наведені у табл. 1, засвідчують, що найвищі показники синтезу спостерігалися за концентрації соняшникової олії у середовищі 1,0 % і використанні інокуляту, вирощеного на фумараті. Слід зазначити, що незалежно від способу підготовки посівного матеріалу, у разі внесення глюкози в олієвмісне середовище, концентрація ЕПС була на 50—85 % вищою порівняно з показниками культивування без додавання попередника.

У наступних експериментах як попередник біосинтезу використовували фумарат, а інокулят вирощували на середовищі із соняшниковою олією і глюкозою (табл. 2).

**Таблиця 2. Вплив фумарату (0,05 %) і природи джерела вуглецю у середовищі для одержання інокуляту на синтез етаполану на соняшниковій олії**

Джерело вуглецю у середовищі для одержання інокуляту	Концентрація соняшникової олії, %	ЕПС (г/л), % від контролю
Соняшникова олія	0,8	130
	0,9	140
	1,0	145
	1,1	145
	1,2	130
Глюкоза	0,8	140
	0,9	150
	1,0	155
	1,1	150
	1,2	140

**Примітка.** Контроль (100 %) — показники синтезу ЕПС на середовищі без фумарату. У процесі визначення концентрації ЕПС похибка не перевищувала 5 %.

За таких умов культивування концентрація синтезованого ЕПС була на 30—55 % вищою, ніж на середовищі без фумарату і досягала максимуму за концентрації олії 1,0 %, а показники синтезу були практично однаковими за використання інокуляту, вирощеного як на олії, так і на глюкозі (табл. 2).

У табл. 3 наведено дані про утворення етаполану за використання як попередників біосинтезу суміші фумарату і глюкози та посівного матеріалу, вирощеного на олії, глюкозі або фумараті.

Дані, наведені у табл. 3, засвідчують, що за внесення суміші фумарату і глюкози в олієвмісне середовище показники синтезу етаполану практично не залежали від природи джерела вуглецю у середовищі для одержання інокуляту.

**Таблиця 3. Синтез етаполану на соняшниковій олії (1,0 %) за наявності глюкози (0,05 %) і фумарату (0,05 %) залежно від природи джерела вуглецю у середовищі для одержання інокуляту**

Джерело вуглецю у середовищі для одержання інокуляту	ЕПС (г/л), % від контролю	ЕПС-синтезувальна здатність, г ЕПС/г біомаси
Глюкоза	165	116
Фумарат	160	105
Соняшникова олія	170	110

**Примітка.** Контроль (100 %) — показники синтезу ЕПС на середовищі без глюкози і фумарату. У процесі визначення концентрації ЕПС і ЕПС-синтезувальної здатності похибка не перевищувала 5 %.

Позитивний вплив посівного матеріалу, вирощеного на фумараті або глюкозі, на синтез етаполану за умов росту продуцента на соняшниковій олії може бути пояснений тим, що глюкоза входить до складу цього полісахариду і безпосередньо включається у молекулу синтезованого ЕПС, а фумарат (C<sub>4</sub>-дикарбонова кислота) є попередником глюконеогенезу.

Схожі результати були отримані нами під час дослідження якості інокуляту на синтез поверхнево-активних речовин (ПАР) за умов росту *Acinetobacter calcoaceticus* ІМВ В-7241, *Rhodococcus erythropolis* ІМВ Ас-5017 і *Nocardia vaccinii* ІМВ В-7405 на олієвмісних субстратах [7, 8]. Показано, що найвищі показники синтезу ПАР гліколіпідної природи спостерігалися на пересмаженій соняшниковій олії з використанням інокуляту, вирощеного на вуглеводних субстратах (м'яса, глюкоза). Крім того, ці дослідження показали можливість інтенсифікації у 2—4 рази синтезу ПАР *R. erythropolis* ІМВ Ас-5017 і *N. vaccinii* ІМВ В-7405 на пересмаженій олії (2 %, об'ємна частка) за внесення у середовище 0,1 % глюкози, яка є складовою трегалозоміколатів — основних компонентів комплексу поверхнево-активних речовин, синтезованих штамами ІМВ Ас-5017 і ІМВ В-7405 [7, 8].

### **Висновки**

Отже, максимальні показники синтезу мікробного полісахариду етаполану на соняшниковій олії за внесення у середовище як попередника біосинтезу глюкози спостерігалися за використання інокуляту, вирощеного на фумараті. За наявності в олієвмісному середовищі фумарату як попередника біосинтетичних процесів найвищий синтез ЕПС досягався у разі вирощування посівного матеріалу на глюкозі.

### Література

1. Підгорський В.С. Інтенсифікація технологій мікробного синтезу / В.С. Підгорський, Г.О. Іутинська, Т.П. Пирог. — К.: Наук. думка, 2010. — 327 с.
2. Bernal P., Llamas M.A. Promising biotechnological applications of antibiofilm exopolysaccharides // *Microb. Biotechnol.* — 2012. — Vol. 5, # 6. — P. 670—673. doi: 10.1111/j.1751-7915.2012.00359.x.
3. Kaur V., Bera M.B., Panesar P.S., Kumar H., Kennedy J.F. Welan gum: Microbial production, characterization, and applications // *Int. J. Biol. Macromol.* — 2014. — doi:10.1016/j.ijbiomac.2014.01.061.
4. Galle S., Arendt E.K. Exopolysaccharides from sourdough lactic acid bacteria // *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* — 2014. — Vol. 54, # 7. — P. 891—901. doi: 10.1080/10408398.2011.617474.
5. Prajapati V.D., Jani G.K., Zala B.S., Khutliwala T.A. An insight into the emerging exopolysaccharide gellan gum as a novel polymer // *Carbohydr. Polym.* — 2013. — Vol. 93, # 2. — P. 670—678. doi: 10.1016/j.carbpol.2013.01.030.
6. Олефіренко Ю.Ю. Особливості біосинтезу мікробного екзополісахариду етаполану за умов росту *Acinetobacter* sp. IMB B-7005 на соняшниковій олії / Ю.Ю. Олефіренко // Наукові праці НУХТ. — 2013. — № 48. — С. 80—85.
7. Pirog T., Sofilkanych A., Shevchuk T., Shulyakova M. Biosurfactants of *Rhodococcus erythropolis* IMV Ac-5017: Synthesis Intensification and Practical Application // *Appl Biochem Biotechnol.* — 2013. — Vol. 170, # 4. — P. 880—894. doi: 10.1007/s12010-013-0246-7.
8. Пирог Т.П. Синтез поверхностно-активных веществ *Rhodococcus erythropolis* IMB Ac-5017, *Ainetobacter calcoaceticus* IMB B-7241 и *Nocardia vaccinii* IMB B-7405 на промышленных отходах / Т.П. Пирог, А.П. Софилканич, К.А. Покора [та ін] // *Микроб. журнал.* — 2014. — Т. 76, № 2. — С. 18—24.

## СИНТЕЗ ЭКЗОПОЛИСАХАРИДА ЭТАПОЛАНА НА ПОДСОЛНЕЧНОМ МАСЛЕ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ КАЧЕСТВА ИНОКУЛЯТА

Т.П. Пирог, Ю.Ю. Олефіренко

Национальный университет пищевых технологий

В статье исследовано влияние природы источника углерода и энергии в среде для получения посевного материала, а также экзогенных предшественников биосинтеза на образование микробного экзополісахаріда етаполана при выращивании *Acinetobacter* sp. IMB B-7005 на подсолнечном масле. При внесении вначале стационарной фазы роста штамма IMB B-7005 в среду с подсолнечным маслом (2 % по объему) глюкозы (0,05 %) или фумарата (0,05 %) и применении инокулята, выращенного на фумарате и глюкозе соответственно, концентрация синтезированного етаполана была на 10—15 % выше, чем при использовании посевного материала, выращенного на подсолнечном масле и на 55—85 % выше, чем на среде без предшественников. Концентрация етаполана при культивировании *Acinetobacter* sp. IMB B-7005 на подсол-

нечном масле с внесением в качестве предшественников смеси фумарата (0,05 %) и глюкозы (0,05 %) была на 60—70 % выше по сравнению с таковой на среде без глюкозы и фумарата и практически не зависела от природы источника углерода в среде для получения инокулята (подсолнечное масло, глюкоза, фумарат).

**Ключевые слова:** *Acinetobacter sp. IMB B-7005*, этаполан, микробные экзополисахариды, инокулят, предшественники биосинтеза, маслосодержащие субстраты, культивирование.

## MODERN CONSUMER PACKAGING: PROBLEMS OF INCREASING THE EFFICIENCY OF LOGISTICS

T. Repich

National University of Food Technologies

---

**Key words:**

*Packaging  
Consumer packaging  
Logistics packaging*

**Article history:**

Received 30.09.2014

Received in revised form  
12.10.2014

Accepted 25.10.2014

**Corresponding author:**

T. Repich

**Email:**

tatjanka999@gmail.com

---

**ABSTRACT**

The article deals with the problem of development and improvement of consumer packaging, establishment and operation of which is an important point of contact between logistics and marketing. Modern design experience has been analyzed in order to provide practical solutions for improving the efficiency of modern logistics of consumer packaging. The need for compromise between the desire for marketing and industrial packaging needs, the construction characteristics of the product itself and logistics requirements have been outlined.

## СУЧАСНА СПОЖИВЧА УПАКОВКА: ПРОБЛЕМИ ПІДВИЩЕННЯ ЛОГІСТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

Т.А. Репіч

Національний університет харчових технологій

*У статті розглянуто проблему розробки й удосконалення споживчої упаковки, створення і функціонування якої виступає важливою точкою дотику логістики та маркетингу. Проаналізовано сучасний дизайнерський досвід забезпечення практичних рішень у підвищення логістичної ефективності сучасної споживчої упаковки. Підкреслено необхідність прагнення до компромісу між маркетинговими та промисловими потребами упаковки, конструкційними характеристиками самої продукції й вимогами логістики.*

**Ключові слова:** *упакування, споживча упаковка, логістична упаковка.*

**Вступ.** Система централізованого логістичного планування, яка використовується для здійснення контролю над загальними витратами процесу розподілу продукції, повинна враховувати всі види витрат відповідно до рівня сервісу, не виключаючи і ті, які створюються операціями по упаковці продукції. У логістичній системі системний підхід до операцій пакування продукції може, і повинен, приносити значну економію.

У теперішній час об'єктивні умови економічного розвитку висувають підвищені вимоги до ефективності управління процесом товароруку по логістичному ланцюгу. Як свідчать практикуючі логісти [4], одним із слабких місць

є упаковка готової продукції й товарів, раціональні підходи до створення якої дозволяють отримати значне скорочення транспортних витрат. Зміна видів і методів упаковки відбувається найчастіше у напрямку здешевлення упаковки для виробника і надання їй унікального вигляду, а не в напрямку здешевлення загальної вартості й зручності транспортування та виконання інших операцій вантажопереробки.

**Постановка завдання.** У зв'язку з цим, важливою функцією, яку повинна виконувати упаковка, є раціоналізація, тобто вибір оптимальної технології упаковки. З одного боку, необхідно прагнути до економії матеріальних і трудових ресурсів при виробництві тари і пакувальних матеріалів, з іншого — до раціональної організації операцій упакування, зберігання та реалізації упакованої продукції. У ряді випадків це має враховуватися вже на стадії прийняття до виробництва самого продукту, щоб оптимізувати весь виробничий процес, включаючи упакування і транспортування [1].

**Виклад основного матеріалу.** Виготовлення упаковки й упакування продукції вимагає великих матеріальних і трудових витрат, які в сукупності визначають вартість упаковки. Витрати на упаковку займають важливе місце в економіці окремих підприємств і цілих галузей народного господарства. Вони суттєво впливають на ціну продукції. Як вважають фахівці, особливо великими є витрати на упаковку в харчовій промисловості [2].

Упаковка виконує чотири основні функції [9]:

- ідентифікацію товару і надання про нього основної інформації (інформація про товар може передаватися за допомогою написів на упаковці, етикеток, штрих-кодів, маркування тощо);
- захист від пошкоджень (перешкоджає впливу агресивних хімічних середовищ, фізичних впливів, захищає від псування, можливих розкрадань тощо);
- підвищення ефективності вантажопереробки (уніфікація упаковки дозволяє проектувати і застосовувати стандартні ряди складського та вантажопереробного обладнання, уніфікувати характеристики транспортних засобів);
- надання допомоги маркетингу з просування та реклами продукції, а також надання інформації споживачам.

Виходячи з функцій упаковки, можна визначити її основні характеристики:

- надійність упаковки визначається тим, яким впливам зовнішнього середовища вона піддається в процесі зберігання і транспортування;
- корисність упаковки визначається її впливом на ефективність і продуктивність всіх логістичних операцій — від продуктивності завантаження рухомого складу та добірки замовлень на складі до коефіцієнта використання складського простору і вантажомісткості транспортних засобів.

Ступінь важливості кожної з вищевказаних функцій значною мірою залежить від конкретної продукції.

Для пакування використовується безліч різноманітних матеріалів. До традиційних пакувальних матеріалів входять гофрований картон, джутові або конопляні мішки, сталеві каністри, бочки, ящики, клітки, обгорткові стрічки, а також багат шарові паперові мішки і коробки. Останнім часом до них додалися і такі більш сучасні пакувальні матеріали, як термоусадочні й еластичні плівки, пакети і прокладки з поліетилену низької щільності, коробки та мішки з

поліетилену високої щільності, пластикові стрічки, пінопластові прокладки та футляри для пакування крихких предметів і виробів неправильної форми.

У сучасній логістиці упаковці відводиться важлива роль, адже упаковка значною мірою впливає як на витрати в логістичному ланцюзі, так і на його продуктивність у цілому. Ці витрати складаються з витрат на закупівлю пакувального матеріалу, організацію ручних процесів упаковки або автоматизацію даних процесів, утилізацію використаного пакувального матеріалу. Упаковка впливає на рівень витрат для всього логістичного ланцюга, оскільки:

- управління запасами в багатьох випадках визначається точністю ідентифікації вантажу, а маркування розміщена на упаковці;

- ефективність, точність і швидкість комплектації замовлення також залежать від надійності маркування упаковок, їх габаритів і форми, ступеня придатності упаковки до вантажопереробки;

- на вартість вантажопереробки безпосереднім чином впливає можливість консолідації індивідуальних упаковок в укрупнену вантажну одиницю;

- вартість зберігання й транспортування безпосередньо залежать від щільності і габаритів упаковки.

Форма, габарити, можливість вантажопереробки — всі ці фактори безпосередньо впливають на те, щоб замовлення для клієнта збиралися швидко, точно й ефективно. Якість упаковки відбивається на витратах зі зберігання і транспортування вантажів.

Упаковка виготовляється відповідно до вимог екологічних стандартів, вона повинна бути зручною і міцною, а також насиченою необхідною інформацією. Завдяки перерахованим якостям упаковки зростає якість продукту для кінцевого споживача, підвищується сервіс обслуговування.

Упаковку можна умовно розділити на два основних типи. По-перше, це внутрішня, або споживча, упаковка, яка розробляється для користувачів і включає матеріали маркетингового і стимулюючого характеру. Цей тип упаковки виконує функції маркетингу і призначений для кінцевого споживача товару. Другий тип — зовнішня чи промислова упаковка — має промислову спрямованість, сприяє зручності при переробці в логістичному ланцюжку. Промислова упаковка розробляється для захисту продукції і більш зручної її вантажопереробки [9].

На думку Патриції Вердоліно, директора з роботи з клієнтами в «Landor» (компанія «Landor» займається розробкою та просуванням брендів більше 60 років) в Нью-Йорку, інноваційною упаковкою можна вважати таку, яка дозволяє при максимальній економії на ресурсах «доставити» продукт найбільш ефективно. Наприклад, нова молочна упаковка власної торгової марки мережі «Walmart» стала більш ефективною за витратами на логістику, тому що персонал для доставки продукту скоротили на 50 %, а водоспоживання з 70 % до 60 %. Нова форма упаковки дозволяє помістити 224 контейнери на тій же площі, де раніше містилися тільки 80 контейнерів з продукцією [5].

Споживча упаковка повинна бути зручною в застосуванні, привабливою для ока, компактною (тобто забезпечувати раціональне використання торговельних площ), мати захисні властивості (оберігати вміст від ушкоджень).

Однак виникає два суперечливих моменти. З одного боку, споживач явно буде зацікавлений у нестандартній, небуденній упаковці незвичайної форми і габаритів. З іншого — така упаковка суперечить вимогам усіх ланок логістичного ланцюжка. Характерний приклад, який часто наводять логісти-практики — групова упаковка, яка об'єднує, наприклад, кілька баночок або пляшок з продуктом і який-небудь подарунок у рамках спеціальної акції. Це ефектно, товар добре виглядає на полиці. Але при упакуванні ящика, коробка або піддону з'ясується, що подарункова упаковка не поміщається в стандартний короб і потрібно виготовляти спеціальний лоток або навіть спеціальну машину, яка буде упаковувати такий товар [10].

Без сумніву, споживча упаковка — дуже важлива точка дотику логістики та маркетингу. Маркетологи створюють клієнто-орієнтовану упаковку, яка є зручною у користуванні, гарною, слугує додатковою рекламою продукту. Однак логісти вважають, що упаковка повинна передусім забезпечувати збереження продукту, зручність зберігання на піддонах, зручність в укладанні. Крім того, упаковка повинна бути кратною коробам та ящикам, які, у свою чергу, повинні бути кратними стандартним піддонам.

Якщо розробкою упаковки буде займатися тільки одна служба (а так найчастіше і відбувається), то буде отримана або красива й ефективна, але незручна для зберігання і транспортування упаковка, або, навпаки, упаковка буде зручною, але зовсім непривабливою для споживача.

Розмір транспортної упаковки також вимагає узгодження з відділом маркетингу. Наприклад, з точки зору логістики оптимально і зручно відвантажувати товар коробами по 5 кг. Маркетингові дослідження показують, що роздрібна торгівля має бажання отримувати товар більш дрібними партіями — по 2—3 кг. Відповідно, рішення про розмір короба має бути прийняте після аналізу, що буде вигідніше (перейти на більш дрібні коробки або доручити розфасовку товару дистриб'ютору). Таким чином, при створенні упаковки для нового продукту бажано врахувати всі ці параметри, що можливо тільки в разі участі в розробці і маркетологів, і логістів, і виробників. Наприклад, якщо упаковка має обмеження на висоту штабеля, транспортний засіб (вагон або вантажний автомобіль) матиме неповне завантаження по висоті. Отже, доставка такого товару обійдеться дорожче. Поява нових асортиментних позицій, навіть одного товару, але в іншій (за габаритними розмірами) упаковці може повністю змінити структуру логістичного каналу або спосіб транспортування і тому повинна бути обов'язково узгодженою з логістичним менеджментом.

На жаль, найчастіше конструкція споживчої упаковки орієнтується на потреби виробництва і збуту, ігноруючи вимоги логістики. Маркетинг концентрується головним чином на питаннях, пов'язаних з продуктами, їх упаковкою, рекламою і продажем. І значно менше — на досягненні економії. Головна рушійна сила всієї маркетингової діяльності — розширення продажів і генерація прибутку. Таким чином, ідеальна споживча упаковка, що подобається покупцям через свої незвичні форми і габарити, є з тих же причин найгіршою упаковкою для транспортної та складської логістики.

Ставлення до нестандартної упаковки у роздрібній торгівлі також є неоднозначним. Оригінальна упаковка, що впадає в око, з великою ймовірністю



підвищить рівень продажів. Проте товар в унікальній упаковці з нестандартними розмірами або ж з елементами, які виступають, і складними (не плоскими) поверхнями, швидше за все, не сприйме, більшість роздрібних торговців. З точки зору логістика, більш раціональним є вибір упаковки, яка б не займала багато місця на полиці магазину. Упаковка повинна бути зручною для навантаження і розвантаження, зберігання та розміщення на полицях. Вона не повинна займати більше місця на полицях, ніж упаковка іншого товару в даній секції, як, наприклад, може бути у випадку з пляшкою у формі піраміди.

Ідеальною формою упаковки є куб, але зустрічається така упаковка надзвичайно рідко. У квадратних пляшок є певні переваги перед традиційними пивними банками і пляшками. Їх зручно упаковувати, транспортувати, виставляти на полиці в магазинах, перевозити в машині або в сумці. Такі пляшки впевнено стоять навіть на віброуючих нестійких поверхнях. Наприклад, таку кубічну пляшку придумав французький промисловий дизайнер компанії «Heineken» Петіт Ромайн [6]. Нова пляшка нагадує куб правильної форми з одним зрізаним кутом, в якому розміщено коротеньке горло зі звичною кришкою.

Молодий дизайнер Ендрю Кім створив цікавий проект бренд-упаковки для популярних напоїв компанії «Кока-Кола». Концепт квадратної пляшки дозволяє зменшити кількість партій вантажу.

Основні фактори в концепції цієї упаковки:

- займає менше місця при зберігання за рахунок форми;
- пляшки можна скласти в стійку піраміду завдяки особливій конструкції їх дна: поглиблення в ньому ідеально відповідає формі горловини;
- пляшку можна скласти, якщо її вміст частково випито. Так само менше місця така пляшка займе і в сміттевому бачку [3].

Ендрю Кім підрахував, що завдяки квадратному перетину пляшки ефективність використання завантаженого простору зростає на 27 %, а в кожному стандартному контейнері, використовуючи новий дизайн пляшки, можна буде розмістити 3949 додаткових пляшок. Так що квадратна пляшка — не прийма дизайнера, а реальна економія. Маркетологи навіть наважилися зробити припущення, що коли-небудь квадратні пляшки повністю витіснять звичні циліндричні.

Прямокутна форма упаковки є найбільш раціональною і до того ж звичною. По-перше, в неї можна пакувати будь-яку продукцію без обмежень. По-друге, для упаковки прямокутної форми, в більшості випадків, не потрібно транспортна тара і вона найпростіша в збірці. До речі, багатогранники, коробки з овальними або круглими гранями — це видозмінений прямокутник. Прямокутна упаковка при однаковій щільності і жорсткості картону може витримати більшу вагу, ніж коробка, наприклад, трикутної форми, тому що конструкція прямокутного дна жорсткіша. До того ж дизайн прямокутної упаковки значно приємніший, ніж будь-якої іншої форми. Важливим чинником є дешевизна прямокутної коробки порівняно з коробками іншої форми. По-перше, для неї існує повний цикл автоматизованого виробництва, на відміну від коробок іншого типу, що вимагають ручної доробки або на етапі склеювання, або на етапі складання. Звичайно, існують автоматизовані системи для виготовлення

інших форм, проте вони обмежені рамками конкретної форми і розміру на відміну від більш універсальною прямокутної упаковки. По-друге, відходів при розкрії коробки з листа картону значно менше. Відповідно, будь-яка інша форма упаковки буде порівнянна за вартістю тільки при виготовленні величезних накладів.

### Висновки

Очевидно, що конструкцію упаковки неможливо підпорядкувати тільки вимогам логістики. У разі розробки стандарту на промислову упаковку необхідно прагнути до компромісу між маркетинговими та промисловими потребами упаковки, конструкційними характеристиками самої продукції та вимогами логістики.

Водночас продумана і раціональна упаковка повинна враховувати одночасно і вимоги логістики. Деякі організації починають розробку упаковки з кінця, визначаючи оптимальні розміри упаковки, виходячи з габаритів засобів транспортування і можливостей для зберігання. Такий підхід не зовсім відповідає вимогам створення споживчих товарів, призначених для швидкого просування на ринок, де наведені обмеження можуть зашкодити їх продажу. Як завжди, потрібен пошук компромісу. Основні питання управління ланцюгом поставок мають на увазі правильний вибір продукції, упаковки, розміру палети так, щоб можна було підвищити продажі продукції і в той же час скоротити витрати на інвентар, транспортування й упаковку.

Оптимальне пакування сприяє скороченню витрат на транспортування і зберігання продукції. Раціоналізація розмірів упаковки, зниження власної маси при збереженні її якісних характеристик надають можливість не тільки поліпшити використання вантажопідйомності та місткості кузовів транспортних засобів, але й складських потужностей.

### Література

1. *Смиренный И.* Необходимо сочетание упаковочных и логистических процессов [Електронний ресурс]: И. Смиренный. Отраслевой портал Unipack.ru. — Режим доступу: <http://article.unipack.ru>.
2. *Основные функции упаковки* [Електронний ресурс]: Отраслевой портал Товаровед.ру. — Режим доступу: <http://товароведed.ru>.
3. *Coca-cola.* Вчера и сегодня [Електронний ресурс]: Союз дизайнеров России. — Режим доступу: <http://design-union.ru>.
4. *Тара и упаковка в складской системе* [Електронний ресурс]: Клуб логистов. — Режим доступу: <http://www.logistclub.com.ua>.
5. *Иванова И.* Игра на понижение [Електронний ресурс]: И. Иванова. Продвижение продовольствия. — Режим доступу: <http://www.marketing.spb.ru>.
6. *Ромайн П.* [Електронний ресурс]: «Heineken» Петит Ромайн. — Режим доступу: — <http://www.upakovano.ru>.
7. *Гаджинский А.М.* Взаимосвязь логистики и маркетинга [Електронний ресурс]: А.М. Гаджинский. Элитариум. — Режим доступу: <http://www.elitarium.ru>.

8. Меджибовська Н.С. Сучасні тенденції управління ланцюгами поставок / Н.С. Меджибовська // Праці Одеського політехнічного університету. — 2011. — № 1(35). — С. 284—290.

9. Миротин Л.Б. Логистика: обслуживание потребителей / Л.Б. Миротин. — М.: Инфра-М, 2008. — 192 с.

10. Перник Д. Логистика и маркетинг: проблемы взаимодействия [Электронный ресурс]: Д. Перник. Технологии корпоративного управления. — Режим доступа: <http://www.iteam.ru>.

## **СОВРЕМЕННАЯ ПОТРЕБИТЕЛЬСКАЯ УПАКОВКА: ПРОБЛЕМЫ ПОВЫШЕНИЯ ЛОГИСТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ**

**Т.А. Репич**

*Национальный университет пищевых технологий*

*В статье рассмотрена проблема разработки и совершенствования потребительской упаковки, создание и функционирование которой выступает важной точкой соприкосновения логистики и маркетинга. Проанализирован современный дизайнерский опыт по обеспечению практических решений для повышения логистической эффективности современной потребительской упаковки. Подчеркнута необходимость стремления к компромиссу между маркетинговыми и промышленными потребностями упаковки, конструктивными характеристиками самой продукции и требованиями логистики.*

**Ключевые слова:** *упаковка, потребительская упаковка, логистическая упаковка.*

УДК 331.5

## STATE POLICY ON EMPLOYMENT

**Y. Bilan**

*National University of Food Technologies*

**P. Baydetskyu**

*Zbaraz District Employment Centre*

---

**Key words:**

*Management  
Employment  
Youth  
Unemployment  
Ukraine*

---

**Article history:**

Received 30.09.2014

Received in revised form  
12.10.2014

Accepted 25.10.2014

---

**Corresponding author:**

Y. Bilan

**Email:**

yuriy\_bilan@yahoo.co.uk

---

**ABSTRACT**

The article analyzes the organization of public administration to ensure proper conditions for effective job search. Negative trends in this socio-economic sphere indicate the insufficient level of prediction and prevention of adverse events and absence of appropriate management decisions based on research, that lead to negative consequences in the labor market and unpredictable migration processes. The state of the labor market and the governance of education services were studied on the example of Zbarazh district employment center in Ternopil region (oblast). In practice, the attention to youth employment by employment services is caused by the need for measures to prevent youth unemployment.

## ДЕРЖАВНА ПОЛІТИКА У СФЕРІ ЗАЙНЯТОСТІ НАСЕЛЕННЯ

**Ю.В. Білан**

*Національний університет харчових технологій*

**П.Г. Байдецький**

*Збаразький районний центр зайнятості*

*У статті проаналізовано організацію системи державного управління із забезпечення належних умов для ефективного пошуку роботи претендентами на робочі місця. Негативні тенденції у цій суспільно-економічній сфері свідчать про недостатній рівень прогнозування та запобігання негативним явищам і відсутність відповідних управлінських рішень, що призводить до негативних наслідків на національному ринку праці і непередбачуваності міграційних процесів. Розглянуто стан державного управління ринком праці та освітніх послуг на прикладі Збаразького районного центру зайнятості Тернопільської області. На практиці увага до працевлаштування молоді з боку служби зайнятості викликана необхідністю здійснення заходів щодо профілактики молодіжного безробіття.*

**Ключові слова:** *управління, зайнятість, молодь, безробіття, Україна.*

**Вступ.** В умовах інтеграційної трансформації економіки України зростає актуальність питання удосконалення державного регулювання ринку праці. Одночасно перед органами державної влади, на сучасному етапі постає завдання пошуку свого місця в міжнародному розподілі праці. Аналіз впливу глобалізації економіки на національні ринки праці та прогнозування такої взаємодії дасть змогу визначити напрямки регуляторної діяльності державних органів в Україні з урахуванням як локальних трудових ресурсів, так і можливостей національної системи освіти, перспектив і загроз від можливих демографічних та міграційних процесів.

**Метою дослідження** є визначення шляхів удосконалення менеджменту державних органів у сфері працевлаштування громадян для більш ефективного захисту їхніх прав на ринку праці та розвитку соціально-економічної ситуації в країні; дослідження діяльності державних органів із регулювання ринку праці.

Основними **об'єктами дослідження** є формування і реалізація державної політики у сфері зайнятості населення з метою створення умов для забезпечення повної та продуктивної вільно обраної зайнятості і соціального захисту в разі настання безробіття та забезпечення продуктивної зайнятості, що дає змогу забезпечити ефективне суспільне виробництво та задовольнити потреби працівника на рівні встановлених законодавством гарантій.

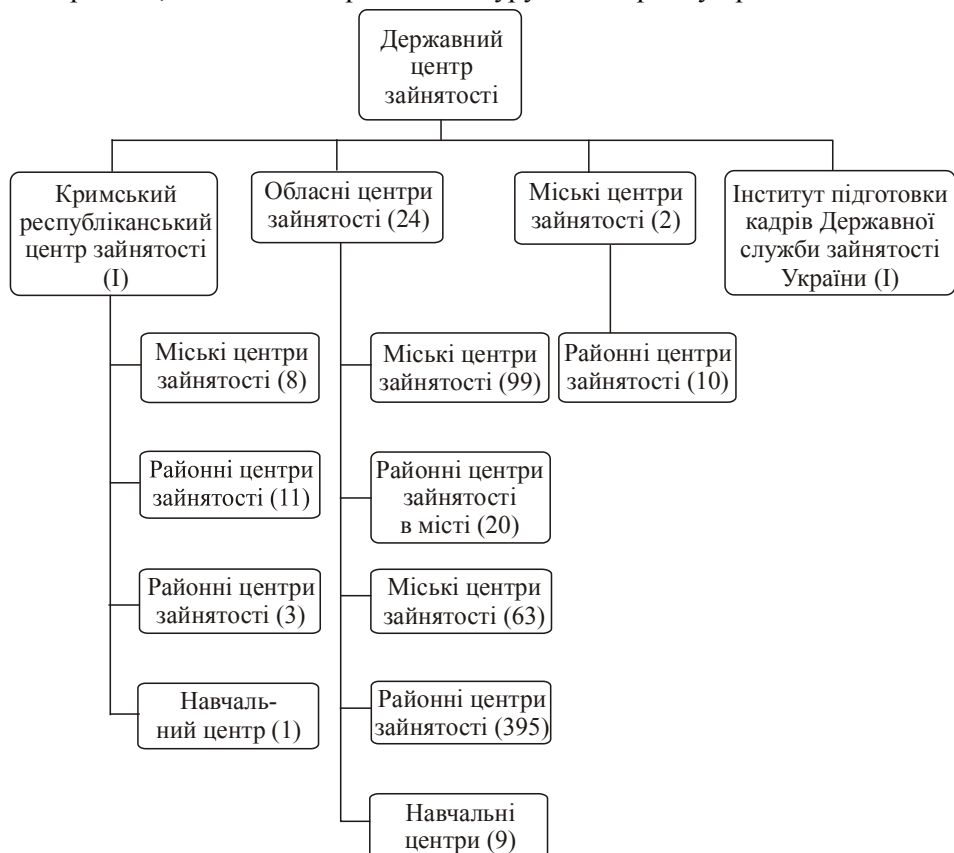
**Виклад основного матеріалу.** Державна служба зайнятості є головним суб'єктом державного регулювання ринку праці і складається з Державного центру зайнятості, центру зайнятості Автономної Республіки Крим, обласних, Київського та Севастопольського міських, районних, міських і районних у містах центрів зайнятості, центрів організації професійного навчання незайнятого населення, центрів професійної орієнтації населення, інспекцій з контролю за додержанням законодавства щодо зайнятості населення (рис. 1).

Діяльність державної служби зайнятості здійснюється під керівництвом Міністерства соціальної політики, місцевих державних адміністрацій та органів місцевого самоврядування. До складу державної служби зайнятості входять також навчальні заклади професійної підготовки незайнятого населення, інформаційно-обчислювальні центри, територіальні та спеціалізовані бюро зайнятості, центри реабілітації населення, підприємства, установи й організації, підпорядковані службі. На місцевому рівні ці функції покладені на центри зайнятості базового рівня.

За функціональною спрямованістю структура центрів зайнятості місцевого (базового) рівня визначається їх головним завданням — сприяння у працевлаштуванні незайнятим громадянам і надання допомоги роботодавцям у заповненні вакантних робочих місць. У структурі центрів головну роль виконують підрозділи працевлаштування і взаємодії з роботодавцями. При цьому підрозділ, що відповідає за організацію взаємодії з роботодавцями, також працює з інформацією про вакансії. Природно, що в тих центрах зайнятості, де штатна чисельність не дозволяє створити подібні відділи, виконання вказаних функцій покладається на окремих спеціалістів.

Підрозділ спеціального працевлаштування, який створюється у певних (як правило, великих) центрах зайнятості, вирішує такі ж завдання, як і відділ

працевлаштування, з тією лише різницею, що його клієнти — інваліди, молодь, громадяни передпенсійного віку, жінки, що мають малих дітей, та інші категорії осіб, нездатних на рівних конкурувати на ринку праці.



**Рис. 1. Структура державної служби зайнятості [6]**

Відділ організації професійного навчання і професійної орієнтації організує направлення безробітних у навчальні заклади для отримання професії або підвищення кваліфікації. Спеціалісти цього відділу надають послуги з професійної орієнтації, а у визначених випадках — професійні консультації. У невеликих центрах зайнятості створюються відділи з активного сприяння зайнятості (активної підтримки безробітних), спеціалісти яких, крім професійного навчання і профорієнтації, також забезпечують залучення безробітних на оплачувані громадські роботи, до підприємництва і самозайнятості, організують різноманітні семінари з безробітними (насамперед з техніки пошуку роботи).

Звичайно, на структурі конкретного центру зайнятості також відбився його штатний склад. У певних випадках підрозділи не створюються, а їх функції та обов'язки покладаються на окремих працівників [3, с. 20—21].

Отже, органи виконавчої влади, що реалізують державну політику у сфері зайнятості населення й трудової міграції, (Державна служба зайнятості

України), мають необхідне кадрове методологічне та ресурсне забезпечення для реалізації ефективної політики на ринку праці й спільно з структурними підрозділами Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України, якими є управління та відділи освіти відповідних державних адміністрацій, на ринку освітніх послуг.

Розглянемо стан державного управління ринком праці та освітніх послуг в Україні на сучасному етапі на прикладі Збараського районного центру зайнятості Тернопільської області. Для вирішення актуальних питань працевлаштування молоді Збараський районний центр зайнятості вживає низку заходів. У Збараському районі за 9 місяців 2012 р. за сприяння служби зайнятості 599 молодих людей у віці до 35 років одержали 4732 профорієнтаційні послуги, в тому числі — 3000 професійних інформаційних, 1714 професійних консультаційних. З початку року активними формами сприяння зайнятості було охоплено більш ніж 1135 молодих людей. За допомогою районного центру зайнятості знайшли постійну роботу 105 осіб віком до 35 років [9].

З метою підвищення конкурентоспроможності даної категорії наших громадян на ринку праці організовано професійну підготовку, перепідготовку та підвищення кваліфікації більш ніж 122 молодих людей у віці до 35 років за даний період.

Особливу увагу служба зайнятості приділяє молодим громадянам, які потребують додаткових гарантій зайнятості. На 2012 р. органами виконавчої влади для працевлаштування соціально незахищених громадян заброньовано на підприємствах, в організаціях та установах району 22 робочих місць, у т.ч. для молоді — 11.

Надзвичайно важливо знайти індивідуальний підхід до кожного одержувача соціальних послуг у сфері працевлаштування даної категорії. При співбесіді з ними особисті консультанти служби зайнятості враховують те, що молоді притаманне бажання знайти своє місце в житті, самовизначитися і реалізувати себе.

У цьому році Збараським районним центром зайнятості було проведено понад 430 масових заходів, у тому числі із застосуванням мобільного центру професійної орієнтації 22 заходи з виїздом у сільські населені пункти. Адже саме сільська молодь потребує особливої уваги через віддаленість від промислових центрів, де є більша кількість роботодавців.

Проводяться в Збараському районному центрі зайнятості семінари й тренінги для молоді, де основна увага приділяється профілактиці молодіжного безробіття та формуванню у молоді мотивації до праці, усвідомленого вибору професій, що потрібні на ринку праці.

Держава забезпечує працездатній молоді надання першого робочого місця на строк не менше двох років після закінчення або припинення навчання у загальноосвітніх, професійно-технічних і вищих навчальних закладах, завершення професійної підготовки і перепідготовки, а також після звільнення зі строкової військової або альтернативної (невійськової) служби. Кабінет Міністрів України затвердив перелік професій і спеціальностей, за якими роботодавцям може надаватися дотація. Цей перелік охоплює 33 спеціальності та 24 робітничі професії.

На основі Закону України «Про забезпечення молоді, яка отримала вищу або професійно-технічну освіту, першим робочим місцем з наданням дотації роботодавцю», з початку року 6 випускників вищих і професійно-технічних навчальних закладів, які не мають досвіду роботи, обійняли перше робоче місце. У 2012 р. на такі дотаційні робочі місця, планувалося працевлаштувати 8 випускників професійно-технічних і вищих навчальних закладів. Для цього з Державного бюджету передбачено 36,6 тис. гривень.

Також для покращення ситуації з молодіжною зайнятістю з 2013 р. набрав чинності (в новій редакції) Закон України «Про зайнятість населення», де передбачено сприяння забезпеченню молоді першим робочим місцем і запровадження стимулів для стажування на підприємствах, в установах та організаціях незалежно від форми власності, виду діяльності й господарювання, фізичних осіб, які застосовують найману працю, молоді, яка навчається.

Увага до працевлаштування молоді з боку служби зайнятості викликана необхідністю здійснення заходів щодо профілактики молодіжного безробіття. В системі державної служби зайнятості вживається цілий комплекс заходів для підвищення ефективності працевлаштування молодих громадян України, але слід здійснювати постійний пошук і виробляти обґрунтовані пропозиції шляхів удосконалення роботи в цій сфері.

Доцільно передбачити можливість залучення молоді до обговорення тексту програм зайнятості району, їх розроблення та впровадження. Так, студенти вищих навчальних закладів, учні професійно-технічних і загальноосвітніх закладів, представники молодіжних громадських організацій при написанні реферативних, курсових, дипломних та інших творчих проєктів можуть пропонувати шляхи покращення ситуації з молодіжним безробіттям. Таким чином, у програмах зайнятості району можуть бути враховані їхні позиції, потреби та прагнення, а в молоді унаслідок дослідження стану ринку праці, здійсненого для написання таких робіт, формуються більш реальні ціннісні орієнтації та бачення себе на ринку праці.

Для сприяння встановленню ефективного діалогу молоді і роботодавців та адекватного взаємного бачення реалій ринку праці доцільно передбачити регулярні зустрічі роботодавців району та молоді за сприяння Збараського районного центру зайнятості, відділу освіти Збараської районної державної адміністрації та інших державних органів, Збараського районного центру соціальних служб для сім'ї, дітей і молоді та інших зацікавлених сторін, де роботодавці нададуть інформацію про свої потреби та очікування від майбутніх працівників, про актуальні вакансії, вільні робочі місця регіонального ринку праці, перспективи розвитку професій (спеціальностей), які слід обирати при виборі навчального закладу.

Продовження та пошук шляхів підвищення ефективності практики ведення інформаційних компаній як у традиційних засобах масової інформації, так і в електронних та при безпосередньому спілкуванні особистих консультантів особисто з молодими людьми під час проведення масових заходів, особливо в навчальних закладах і в сільській місцевості.

Слід також розширити практику проведення зустрічей, конференцій, круглих столів за участі представників місцевих органів виконавчої влади, органів



місцевого самоврядування, спеціалістів відділів Збараського районного центру зайнятості, молоді, представників молодіжних громадських організацій, студентського самоврядування та роботодавців для обговорення шляхів удосконалення роботи з покращення ситуації у сфері молодіжного працевлаштування, реалізації та захисту трудових прав молоді, формування нових пропозицій для більш ефективного подолання молодіжного безробіття.

Для забезпечення покращення роботи Збараського районного центру зайнятості у сфері працевлаштування молоді на регіональному рівні можна організувати обмін досвідом між центрами зайнятості базового рівня, організувати професіографічні екскурсії для учнівської та студентської молоді в сусідні райони, де є роботодавці з більшою потребою в кадрах, адже Збараський район межує з Тернопільським та іншими районами, де є транспортна доступність та більша потреба в кадрах.

На державному рівні доцільно запропонувати низку заходів щодо створення умов для підготовки кваліфікованих фахівців і робітників відповідно до перспективних потреб роботодавців, для чого на базовому рівні, в тому числі силами спеціалістів відділів Збараського районного центру зайнятості доцільно проводити маркетингові дослідження ринку праці. Держава, зокрема центри зайнятості базового рівня, багато зусиль прикладають для забезпечення законодавчих гарантій молодіжного працевлаштування, але слід продовжувати пошук нових форм та методів роботи і приймати та реалізовувати молодіжні програми працевлаштування. Робота з молоддю має спрямовуватися на ознайомлення молодої людини зі змістом і перспективами розвитку певних професій, формами та умовами їх здобуття, потребами ринку праці в кадрах, вимогами професій до особистості, можливостями професійно-кваліфікаційного становлення.

Отже, молодь, з одного боку, більш мобільна, готова до змін, здатна до адаптації, а з іншого — й іноді бракує досвіду, комунікативних навичок при співбесіді з роботодавцями тощо. Саме в цих напрямках особисті консультанти допомагають і це один з пріоритетних напрямків нашої праці.

Окрім проблемних ситуацій на ринку праці, пов'язаних з адаптацією молоді при переході від системи підготовки кадрів до професійного становлення та питань глобальних трансформацій і кризових явищ, які змінюють ринки праці і висувають нові вимоги до державного управління в сфері зайнятості, міграції й освіти, існує ще низка факторів, які визначені і на які є спроба дати відповіді в новій редакції Закону України «Про зайнятість населення». Але, на жаль, відсутні підзаконні нормативні акти, які б чітко визначали механізми державного впливу на ринок праці та суміжні сфери, такі як ринок освітніх послуг. Зокрема, в новому Законі України є досить прогресивна стаття 30 «Розширення можливостей для підвищення конкурентоспроможності громадян віком старше 45 років», яка повинна вирішувати питання працевлаштування ще однієї складної вікової категорії населення. В ній зазначається, що особи віком старше 45 років, страховий стаж яких становить не менше 15 років, мають право до досягнення встановленого статтею 26 Закону України «Про загальнообов'язкове державне пенсійне страхування» пенсійного віку на одноразове отриман-

ня ваучера для підтримання їх конкурентоспроможності шляхом перепідготовки, спеціалізації, підвищення кваліфікації за професіями та спеціальностями для пріоритетних видів економічної діяльності. Вибір професії (спеціальності) із затвердженого переліку, форми та місця навчання здійснюється особою. Оплата ваучера здійснюється за рахунок коштів Фонду загальнообов'язкового державного соціального страхування України на випадок безробіття, виходячи з його фінансових можливостей. Порядок видачі територіальними органами центрального органу виконавчої влади, що реалізує державну політику у сфері зайнятості населення й трудової міграції, ваучерів і перелік професій, спеціальностей та напрямів підвищення кваліфікації, для навчання за якими може бути виданий ваучер, затверджуються Кабінетом Міністрів України. Порядок видачі ваучерів і перелік професій для навчання не затверджений досі, що свідчить про недостатню системність державної політики в даній сфері.

### Висновки

Отже, окрім проблемних ситуацій на ринку праці, пов'язаних з адаптацією молоді при переході від системи підготовки кадрів до професійного становлення і питань глобальних трансформацій та кризових явищ, які змінюють ринки праці і висувають нові вимоги до державного управління у сфері зайнятості, міграції та освіти, існує низка факторів, які визначені і на які є спроба дати відповіді в новій редакції Закону України «Про зайнятість населення».

Поряд із цим слід постійно здійснювати пошук нових шляхів удосконалення роботи органів виконавчої влади, що реалізують державну політику у сфері зайнятості населення й трудової міграції щодо підготовки та працевлаштування молоді та інших незахищених на ринку праці категорій громадян.

### Література

1. *Державне регулювання економіки: Навчальний посібник* / С.М. Чистов, А.Є. Никифоров та ін. — Вид. 2-ге, доопрацьоване і доповнене. — К.: КНЕУ, 2005. — 440с.
2. *Державне регулювання у ринковій економіці* / А.Н. Ластовецький / Підприємництво, господарство і право. — 2003. — № 6. — С. 246.
3. *Маршавін Ю.М.* Державна служба зайнятості як складова системи державного управління в Україні: функції та організаційна структура: Навч.-метод. розробка. — К.: ІПК ДСЗУ, 2010. — 26 с.
4. *Global Employment Trends for Youth 2012.* — May 2012 / International Labour Office. — Geneva: ILO. — 2012. — 57 p.
5. *Портал* Верховної Ради України. — 2014. [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://rada.gov.ua>.
6. *Портал* Державної служби зайнятості України. — 2014. [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://dcz.gov.ua>.
7. *Портал* газети «Урядовий кур'єр» // Щоденного видання центральних органів виконавчої влади України. — 2014. [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://www.ukurjer.gov.ua>.
8. *Про зайнятість населення: Закон України* // Голос України від 18.08.2012. — № 153—154.

9. Портал Збараський районний центр зайнятості — 2014. [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://www.oda.te.gov.ua>.

## **ГОСУДАРСТВЕННАЯ ПОЛИТИКА В СФЕРЕ ЗАНЯТОСТИ НАСЕЛЕНИЯ**

**Ю.В. Билан**

*Национальный университет пищевых технологий*

**П.Г. Байдецкий**

*Збаражский районный центр занятости*

*В статье проанализирована организация системы государственного управления по обеспечению надлежащих условий для эффективного поиска работы претендентами на рабочие места. Негативные тенденции в данной общественно-экономической сфере свидетельствуют о недостаточном уровне прогнозирования и предупреждения негативных явлений. Отсутствуют научно обоснованные управленческие решения, что приводит к негативным последствиям на национальном рынке труда и непредусмотренности миграционных процессов. Рассмотрено состояние государственного управления рынком труда и образовательных услуг на примере Збаражского районного центра занятости Тернопольской области. На практике внимание к трудоустройству молодежи со стороны службы занятости вызвано необходимостью осуществления мероприятий по профилактике молодежной безработицы.*

**Ключевые слова:** управление, занятость, молодёжь, безработица, Украина.

## STRATEGIC SET OF MANAGEMENT OF RAW MATERIALS PURCHASE BY DAIRY PROCESSING ENTERPRISES

T. Serdiuk

*Poltava State Agrarian Academy*

---

**Key words:**

*Strategic set  
Management of purchases  
Dairy processing enterprises  
Three-dimensional model  
ABC-XYZ-analysis*

**Article history:**

Received 30.09.2014  
Received in revised form  
12.10.2014  
Accepted 25.10.2014

**Corresponding author:**

T. Serdiuk

**E-mail:**

tanya\_s21@mail.ru

---

**ABSTRACT**

The article substantiates the need for a marketing approach in the management of raw materials purchase and the formation of long-term cooperation with suppliers of raw. In developing the strategic set of raw materials purchase by dairy processing enterprise the use of three-dimensional model of suppliers' strategic analysis was proposed. It is based on indicators of the importance of suppliers, stability of relations and integrated assessment of raw materials received from the suppliers. Depending on the integrated assessment of raw materials, three levels of supplier relationships (base, responsible, partnership) were determined. The strategic set recommended in the management of raw materials purchase by dairy processing enterprises was determined. The approbation of proposed three-dimensional model of suppliers' strategic analysis was done on the example of dairy processing enterprises in Poltava region.

## СТРАТЕГІЧНИЙ НАБІР УПРАВЛІННЯ ЗАКУПІВЛЯМИ СИРОВИНИ МОЛОКОПЕРЕРОБНИМИ ПІДПРИЄМСТВАМИ

Т.М. Сердюк

*Полтавська державна аграрна академія*

*У статті обґрунтовано необхідність застосування маркетингового підходу в управлінні закупівлями сировини та формування довгострокової взаємодії з постачальниками сировини. При розробці стратегічного набору управління закупівлями сировини молокопереробним підприємством запропоновано використання тривимірної моделі стратегічного аналізу постачальників, побудованої на основі показників рівня важливості постачальників, стабільності відносин та інтегральної оцінки сировини, що надійшла від постачальників. Залежно від значення інтегральної оцінки сировини виокремлено три рівні відносин з постачальниками (базовий, відповідальний, партнерський). Визначено стратегічний набір, рекомендований при управлінні закупівлями сировини молокопереробними підприємствами. Виконано апробацію запропонованої тривимірної моделі стратегічного аналізу постачальників на прикладі молокопереробного підприємства Полтавської області.*

**Ключові слова:** стратегічний набір, управління закупівлями, молокопереробне підприємство, тривимірна модель, ABC-XYZ-аналіз.

**Вступ.** Збереження та покращення конкурентних переваг молокопереробних підприємств можливе за умов використання маркетингового підходу в управлінні закупівлями сировини та формування довгострокової взаємодії з постачальниками сировини. Формування стратегії відносин з кожним окремим постачальником має здійснюватися з урахуванням конкурентного становища постачальника, визначеного за показниками потоку молока. Розробка стратегії відносин з постачальниками молока є однією з найважливіших умов ефективного управління вхідними товарними потоками молокопереробних підприємств.

Питання формування та розвитку довгострокових відносин з бізнес-партнерами висвітлюється у працях таких вчених, як Г. Армстронг, А. Балабаниць, Л.В. Балабанова, П. Гембл, Я. Гордон, Ф. Котлер, Є. Крикавський, В.І. Перебийніс, М. Стоун, С.Чернишева, Н. Чухрай та інші. Дослідження розвитку відносин між учасниками ринку молока проведено у працях В.Г. Андрійчука, Б.В. Бойка, Л.А. Євчук, М.М. Ільчука, М.К. Пархомця, П.Т. Саблука, С.В. Чугаєвської та інших. Проте питання формування стратегічних наборів управління закупівлями молока на основі комплексного врахування вагомості, стабільності співпраці з постачальниками та якісних показників потоку молока не є дослідженими, що в умовах підвищеної уваги до якості молока та необхідності підтримки розвитку сільськогосподарських виробників обумовлює актуальність дослідження.

**Мета статті.** Розробити тривимірну модель стратегічного аналізу постачальників, побудовану на основі показників рівня важливості постачальників, стабільності відносин та інтегральної оцінки сировини, що надійшла від постачальників.

**Виклад результатів дослідження.** Перед молокопереробними підприємствами постає таке завдання: сформувати потужну сировинну зону шляхом залучення нових і відбору кращих постачальників з урахуванням важливості постачальника за обсягом надходження сировини та стабільності показників надходження сировини. За допомогою ABC-XYZ-аналізу (табл. 1) маємо можливість провести необхідне дослідження постачальників.

*Таблиця 1. ABC-XYZ-аналіз постачальників, за [2, с. 52—53]*

Рівень важливості постачальників	A	Ключові постачальники (зона підвищеної стратегічної активності)	Ключові постачальники (зона стратегічної активності)	Перспективні постачальники (зона стратегічних коригувань)
	B	Ключові постачальники (зона стратегічної активності)	Перспективні постачальники (зона стратегічного розвитку)	Потенційні постачальники (зона стратегічної регресії)
	C	Перспективні постачальники (зона стратегічного утримання)	Потенційні постачальники (зона стратегічної статичності)	Безперспективні постачальники (зона стратегічної стагнації)
	0	X	Y	Z
		Стабільність відносин		

Для більш детального дослідження потоку молока від постачальників варто враховувати інтегральну оцінку його кількісних та якісних показників, визначену на основі відповідної методики [5]. Інтегральна оцінка (ІО) показників потоку молока визначає конкурентні переваги кожного постачальника та його важливість для молокопереробного підприємства.

Градацію інтегральної оцінки показників потоку молока пропонується здійснювати відносно її середнього арифметичного ( $IO_{\text{сеп}}$ ) та середнього квадратичного відхилення ( $\sigma$ ), розрахованих на основі даних потоку молока. Зазначений розподіл сприятиме виокремленню лідерів, для яких значення ІО коливається в межах [ $IO_{\text{сеп}} + \sigma$ ; 1], та аутсайдерів з ІО в межах [ $0$ ;  $IO_{\text{сеп}} - \sigma$ ]. Залежно від значення ІО та особливостей співпраці молокопереробного підприємства з постачальниками визначають три рівні відносин. Перший рівень можна охарактеризувати як базовий (реагуючий); другий — відповідальний; третій — активний (партнерський). Для кожного рівня пропонуються такі позначення: *F* (від англ. «first» — перший); *S* (від англ. «second» — другий); *T* (від англ. «third» — третій). Виконаний таким чином аналіз сприяє характеристиці рівнів відносин переробного підприємства з постачальниками.

У працях Ф. Котлера наведені рівні відносин запропоновано застосовувати відповідно до кількості споживачів та коливання норми прибутку від високої до низької [2, с. 44]. Оскільки ринок молока характеризується незначною кількістю споживачів (переробних підприємств), то характер відносин залежить від норми прибутку, яку отримують переробні підприємства при закупівлі сировини від кожного з виробників молока. Тобто норма прибутку встановлюється з урахуванням конкурентоспроможності виробників молока, що залежить від показників потоку молока та визначається за допомогою ІО потоку молока. Зважаючи на це, молокопереробне підприємство при формуванні стратегічного набору управління закупівлями сировини має, окрім показників обсягу та стабільності постачання, враховувати і рівень конкурентних переваг постачальника за якістю.

Зміст реагуючого, відповідального та партнерського рівнів відносин підприємства з постачальниками розкривається у трирівневій структурі маркетингу відносин (табл. 2).

*Таблиця 2. Характеристика рівнів відносин молокопереробних підприємств з постачальниками з точки зору трирівневої структури маркетингу відносин, розроблено автором з урахуванням методичних підходів [2, с. 43]*

Рівень відносин з постачальником	Інтегральна оцінка потоку молока	Характеристики рівня маркетингу відносин за М. Ваш	Характерні риси відноси молокопереробних підприємств з постачальниками молока
1	2	3	4
1-й рівень (базовий, реагуючий), F	$0,0 \leq IO < IO_{\text{сеп}} - \sigma$	<ul style="list-style-type: none"> <li>- фінансовий зв'язок;</li> <li>- низький рівень індивідуального обслуговування;</li> <li>- низький рівень потенційної підтримки конкурентних переваг</li> </ul>	Закупівельні ціни на молоко визначаються та коригуються молокопереробним підприємством з урахуванням характеристик молока від інших постачальників. Можлива відмова від закупівлі молока у випадку проблем з оплатою чи невисокого рівня якості.

1	2	3	4
2-й рівень (відповідальний), S	$IO_{\text{сеп}} - \sigma \leq IO < IO_{\text{сеп}} - \sigma$	<ul style="list-style-type: none"> <li>- соціальний зв'язок;</li> <li>- помірний рівень індивідуального обслуговування;</li> <li>- помірний рівень потенційної підтримки конкурентних переваг</li> </ul>	Закупівельні ціни формуються з урахуванням соціальної відповідальності. Фінансова підтримка здійснюється шляхом попередньої оплати молока, надання позик. Підтримки ініціатив сільгосп підприємств з розвитку молочного скотарства. Вертикальна інтеграція.
3-й рівень (активний, партнерський), T	$IO_{\text{сеп}} + \sigma \leq IO \leq 1,0$	<ul style="list-style-type: none"> <li>- структурний зв'язок;</li> <li>- рівень індивідуального обслуговування від помірний до високого;</li> <li>- високий рівень потенційної підтримки конкурентних переваг</li> </ul>	Закупівельні ціни на молоко забезпечують утримання постачальника, характеризуються стабільністю та слабкою залежністю від коливань цін на ринку. Підтримка розвитку молочного скотарства на інноваційній основі. Вертикальна інтеграція, об'єднання в агропромислову групу.

Різностороннє дослідження постачальників пропонується виконувати за тривимірною моделлю (табл. 1), сформованою у результаті доповнення результатів ABC-XYZ-аналізу постачальників інтегральною оцінкою (IO) показників потоку молока. Під тривимірною моделлю аналізу постачальників слід розуміти просторову модель, утворену в результаті перетину трьох координатних осей факторів, що характеризують характер відносин підприємства з учасниками ринку та забезпечують вихідну інформацію для формування набору стратегій управління закупівлями сировини, що сприятиме оптимізації вхідного товарного потоку.

Показники, використані для запропонованої тривимірної моделі, характеризують постачальника з різних сторін впливу на молокопереробне підприємство: 1) рівня важливості постачальників за групами ABC-аналізу (на основі обсягу постачання молока); 2) стабільності відносин з постачальниками за групами XYZ-аналізу; 3) комплексної оцінки конкурентоспроможності постачальників на основі кількості та якості молока, розрахованої за IO показників потоку молока у розрізі групи постачальників.

Вказане поєднання характеристик у єдиній моделі зумовлене потребою молокопереробних підприємств різносторонньому підході до градації постачальників. При цьому дотримується важлива умова: між факторами відсутня строга функціональна залежність. У тривимірній моделі стратегічного аналізу постачальників у межах кожного з рівнів відносин, виокремлених за допомогою IO показників потоку молока, наявний поділ постачальників відповідно до ABC-XYZ-аналізу. У результаті отримуємо 27 можливих стратегічних наборів управління закупівлями сировини.

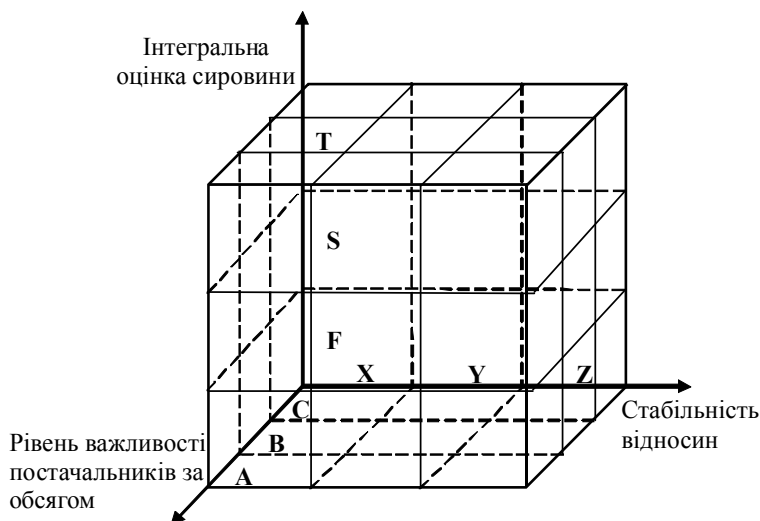


Рис. Тривимірна модель стратегічного аналізу постачальників, розроблено автором

За результатами аналізу постачальників молока на основі тривимірної моделі пропонується коригувати стратегічні набори управління закупівлями сировини (табл. 3).

У результаті аналізу сільськогосподарських підприємств-постачальників ТОВ «Решетилівський маслозавод» Полтавської області за запропонованою тривимірною моделлю отримаємо такий розподіл постачальників відповідно до рівня важливості постачальників за обсягом, стабільності відносин та інтегральної оцінки потоку молока (табл. 4). При управлінні закупівлями сировини ТОВ «Решетилівський маслозавод» рекомендується застосовувати набори стратегій AYP; AZP; CZP; AZS; BYS; BZS; CYS; CZS; SZR; CYR, які орієнтовані в основному на перспективних і потенційних постачальників. Зазначені стратегічні набори передбачають застосування стратегій раціональної активності, інтенсифікації відносин з коригуванням відповідно до значення *IO* показників потоку молока стратегіями управління ризиками взаємодії, уповільненого росту та контролю за витратами.

Наприклад, для ТОВ «Дружба» рекомендується застосовувати стратегічний набір управління закупівлями сировини від потенційних постачальників із середнім рівнем інтегральної оцінки показників потоку молока (потенційних постачальників другого рівня відносин), тобто стратегічний набір BZS. Подальша стратегія управління закупівлями сировини від даного постачальника характеризуватиметься уповільненим ростом. При взаємодії з постачальниками даної групи пропонується використання стратегій раціональної активності та контролю за витратами, які передбачають доцільність і економність у питаннях витрат коштів, максимальну вираженість, обґрунтованість при прийнятті рішень, а також зменшення витрат на закупівлю сировини порівняно з витратами конкурентів і проведення цінової конкуренції. Рекомендується здійснювати інформаційну підтримку розвитку молочного скотарства.



*Таблиця 3. Стратегічні набори управління закупівлями сировини молокопереробними підприємствами відповідно до тривимірної моделі стратегічного аналізу постачальників, розроблено автором з урахуванням методичних підходів [1, с. 92; 2, с. 54; 3; 4, с. 165]*

Стратегічний набір	Постачальники	Стратегії управління закупівлями сировини
АХТ	Ключові постачальники третього рівня відносин	Стратегії прискореного росту, інтенсивного розвитку, інтенсифікації відносин. стратегія створення стратегічних альянсів. Стратегія синергетичного впливу на цільовий ринок. Стратегія співмаркетингу. Участь у програмах підтримки розвитку молочного скотарства.
АУТ		
ВХТ		
AZT	Перспективні постачальники третього рівня відносин	Стратегії прискореного росту, інтенсивного розвитку, інтенсифікації відносин. Стратегія вертикальної інтеграції. Стратегія співмаркетингу. Участь у програмах підтримки розвитку молочного скотарства.
ВУТ		
СХТ		
BZT	Потенційні постачальники третього рівня відносин	Стратегії раціональної активності та інтенсифікації відносин. Соціальна відповідальність бізнесу. Стратегія вертикальної інтеграції.
СУТ		
CZT		
АХS	Ключові постачальники другого рівня відносин	Стратегії раціональної активності та контролю за витратами. Формування умов для реалізації постачальником стратегії прискореного росту. Інтенсифікація відносин. Стратегія співмаркетингу. Стратегія управління ризиками взаємодії.
АУS		
ВХS		
AZS	Перспективні постачальники другого рівня відносин	Стратегії раціональної активності, інтенсифікації відносин. Стратегія управління ризиками взаємодії. Інформаційна підтримка розвитку молочного скотарства.
ВУS		
СХS		
BZS	Потенційні постачальники другого рівня відносин	Стратегії уповільненого росту, раціональної активності та контролю за витратами. Стратегія управління ризиками взаємодії. Інформаційна підтримка розвитку молочного скотарства.
СУS		
CZS		
АХF	Ключові постачальники першого рівня відносин	Стратегії раціональної активності та контролю за витратами. Стратегія управління ризиками взаємодії. Інформаційна підтримка розвитку молочного скотарства.
АУF		
ВХF		
AZF	Перспективні постачальники першого рівня відносин	Стратегії раціональної активності, інтенсифікації та стабілізації відносин, контролю за витратами.
ВУF		
СХF		
BZF	Потенційні постачальники першого рівня відносин	Стратегії уповільненого росту, раціональної активності, контролю за витратами та екстенсивного розвитку.
СУF		
CZF	Безперспективні постачальники	Стратегії уповільненого росту, статистичного прогресу та контролю за витратами.

*Таблиця 4. Розподіл сільгоспідприємств-постачальників молока ТОВ «Решетилівський маслозавод» Полтавської області відповідно до тривимірної моделі стратегічного аналізу постачальників, розроблено автором*

Стратегічний набір	Постачальники
AYP	ТОВ «Батьківщина»
AZP	СТОВ «Андріївка», ТОВ «Трансбуд-ЛТД»
CZP	ТОВ «Компанія Стандарт Транс-Агро»
AZS	СТОВ «Світоч», СТОВ «СС Тростянець»
BYS	СФГ «С.Г.М.», ПАТ «Полтаваплемсервіс»
BZS	ТОВ «Дружба»
CYS	СФГ «Серьогін»
CZS	ТОВ «НВП Інтерагросервіс»
BZR	СТОВ ім. Калашника
CYR	ДП СП «Ювілейне»

### **Висновки**

Для молокопереробних підприємств доцільним є використання диференційованого підходу до питань формування стратегії управління закупівлями сировини, що забезпечить своєчасне реагування на зміну результатів відносин з постачальниками, сприятиме оптимізації витрат на сировину та розвитку молочного скотарства у господарствах.

Формування стратегій управління закупівлями сировини на основі тривимірної моделі надає можливість молокопереробному підприємству на основі оцінки показників потоку молока коригувати стратегії відносин з постачальниками. У результаті досягаються взаєморозуміння та довгострокові партнерські відносини з постачальниками, що забезпечує необхідні умови для підвищення якості сировини, нарощення обсягів її надходження на переробку, покращення умов зберігання й доставки.

Використання за основу при розробці стратегії управління закупівлями сировини тривимірної моделі сприятиме створенню ефективного механізму коригування взаємин із бізнес-партнерами, який забезпечить розвиток учасників і перетворить постачальників на партнерів. Запропоноване удосконалення дають змогу підвищити конкурентоспроможність молокопереробного підприємства.

### **Література**

1. Балабаниць А. Управління відносинами з постачальниками на основі концепції маркетингу взаємодії / А. Балабаниць // Вісн. Тернопільськ. нац. економ. ун-ту. — 2008. — Вип. 1. — С. 87—92.
2. Балабанова Л.В. Маркетинг відносин в системі управління підприємством : монографія / Л.В. Балабанова, С.В. Чернишева. — Донецьк: ДонНУ-ЕТ, 2009. — 280 с.
3. Маленков Ю.А. О классификациях стратегий компаний [Электронный ресурс] / Ю.А. Маленков // Эмитент. Существенные факты, события, действия. Единое информационно-аналитическое обеспечение промышленности и предпринимательства Северо-Западного региона РФ. — № 42 (173). — 2006. — Режим доступа: <http://www.cfin.ru>.

4. *Перебийніс В.І.* Стратегічне управління закупівлями на підприємствах / В.І. Перебийніс, В.М. Собчишин // Наукові праці Полтавської державної аграрної академії. Економічні науки. — Полтава: ПДАА, 2012. — Вип. 1 (4). — Т. 3. — С. 162—168.

5. *Сердюк Т.М.* Формування характеристик молокотоварного потоку сільгоспідприємств [Електронний ресурс] / Т. М. Сердюк // Наукові праці Полтавської державної аграрної академії. — 2012. — Вип. 1 (4). — Т. 1. — С. 254—259. — Режим доступу: <http://www.pdaa.edu.ua>.

## **СТРАТЕГИЧЕСКИЙ НАБОР УПРАВЛЕНИЯ ЗАКУПКАМИ СЫРЬЯ МОЛОКОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИМИ ПРЕДПРИЯТИЯМИ**

**Т.Н. Сердюк**

*Полтавская государственная аграрная академия*

*В статье обоснована необходимость применения маркетингового подхода в управлении закупками сырья и формирования долгосрочного взаимодействия с поставщиками сырья. При разработке стратегического набора управления закупками сырья молокоперерабатывающим предприятием предложено использование трехмерной модели стратегического анализа поставщиков, построенной на основе показателей уровня важности поставщиков, стабильности отношений и интегральной оценки сырья, поступившего от поставщиков. В зависимости от значения интегральной оценки сырья выделены три уровня отношений с поставщиками (базовый, ответственный, партнерский). Определен стратегический набор, рекомендуемый при управлении закупками сырья молокоперерабатывающими предприятиями. Выполнено апробацию предложенной трехмерной модели стратегического анализа поставщиков на примере молокоперерабатывающего предприятия Полтавской области.*

**Ключевые слова:** *стратегический набор, управление закупками, молокоперерабатывающее предприятие, трехмерная модель, ABC-XYZ-анализ.*

## ROLE OF IMMIGRANTS ON POLISH LABOUR MARKET

**M. Grabowska**

*Department of Economics and Development Studies*

*Wroclaw University of Economics*

---

**Key words:**

*Immigration  
Immigrants  
Labour market  
Mobility  
Illegal migrants*

---

**Article history:**

Received 14.11.2014  
Received in revised form  
28.11.2014  
Accepted 03.12.2014

---

**Corresponding author:**

M. Grabowska

**E-mail:**

monika.grabowska@ue.  
wroc.pl

---

**ABSTRACT**

In the nineties of the twentieth century, political, economical and social system changed in many countries. Restrictive controls of crossing border were removed. The East- Central European region became very diverse economically. The events freed a vast migration potential in the centre of Europe, also in Poland. Migration movements began to play a significant role in this country. At the beginning, emigration dominated in Poland. The difference of wages and life conditions between Poland and destination countries was the reason for which many people left their places of origin. Another factor pushing Polish countrymen abroad in search of work was the increase in demand for work of foreigners in destination countries. Thus, a shortage was created on Polish domestic labour market which someone had to fill. That meant it was necessary to open Poland to immigrants. Immigration to Poland is an inevitable phenomenon; it is also beneficial for the country, for example because of the adverse demographic trends.

---

## РОЛЬ ІМІГРАНТІВ НА ПОЛЬСЬКОМУ РИНКУ ПРАЦІ

**М. Грабовська**

*Департамент економіки і досліджень з розвитку*

*Вроцлавський економічний університет*

У дев'яності роки двадцятого століття в багатьох країнах змінилася політична, економічна і соціальна система. Обмеження пересування та контроль при перетині кордонів були скасовані. Регіон економічно став дуже різноманітним. Такі зміни відкрили величезний міграційний потенціал у центрі Європи, і в Польщі зокрема. Міграційні рухи почали відігравати важливу роль у нашій країні. На початковому етапі у Польщі переважала еміграція. Різниця заробітної плати та умов життя між Польщею та країнами призначення стали причиною, через яку багато людей покидали місця свого походження. Ще одним чинником, який спонукав наших співвітчизників їхати за кордон у пошуках роботи, було збільшення попиту на працю іноземців у країнах призначення. Таким чином, на внутрішньому ринку праці виникла нестача робочої сили, яку потрібно було заповнити. Така ситуація викликала необхідність відкриття ринку для іммігрантів. Імміграція в Польщу є неминучим явищем і водночас корисна для країни, зважаючи на несприятливі демографічні тенденції.

**Ключові слова:** *імміграція, іммігранти, ринок праці, мобільність, нелегальні мігранти.*

Until the 1990s the region of East Central Europe was ethnically and economically uniform. Socioeconomic changes which happened in the period structurally transformed many countries of the region, including Poland. Restrictive controls of cross border traffic were removed. The changes regarded aspects of politics, economy and society. The region became very diverse economically. The events freed a vast migration potential in the centre of Europe. Poland saw such phenomena as inflation, increase of wages and earnings, new conditions of functioning on the labour market, unemployment, but simultaneously, as time went by, economic development and improvement of the socioeconomic situation became apparent. Under these conditions migration movements began to play a significant role in our country. People started to travel for tourism or seeking employment. Before the system changes, permanent, resettlement emigration dominated in our country. The scale of this form of migration decreased in time. In turn, the number of temporary, short-term labour-related departures grew. After 1989, contrary to expectations, an increase in resettlement emigration has not been felt; rather it was short-term, seasonal migration. Thus the character of migration changed from resettlement to temporary travel. Based on data from official registers (Central Statistical Office (GUS), the Labour and Social Politics Minister, the Foreigners' Office) or censuses (The National Census 1988, 1995, 2002, 2011), one may conclude that after the transformation period the number of migrants who were permanent citizens of Poland who remained abroad was relatively stable, and rose only after Poland entered the EU (Kaczmarek, 2006, p. 5).

After Poland's accession into the EU in 2004 the number of Poles remaining temporarily abroad increased, compared to the year 2003, by 20 %, and by over 50 % compared to the year 2002. Statistics (Data on the topic may be found in the studies of the Central Statistical Office (GUS). The first estimate of the number of citizens of Poland staying temporarily abroad, describing the years 2004—2006 was published in October 2007, subsequent ones were published in the years 2008—2012.) say that in the years 2004—2012 1 to 2.3 million persons remained temporarily abroad (the number includes those who departed after Poland's accession to the EU, as well as those who were already abroad before May 1, 2004, but who legalized their stay after the date). Such large intensity and scale of labour mobility may be explained by the situation on the Polish labour market. The situation worsening at the end of the 90s caused a drastic increase of the scale of mobility and changes in its structure. The difference of wages and life conditions between Poland and destination countries, i.e. the economic factor, was the reason for which many people left their places of origin. Another factor pushing our countrymen abroad in search of work was the increase in demand for work of foreigners in destination countries. Thus a shortage was created on our domestic labour market, which someone has to fill. Additionally we must mention that the demographic situation of our country is not very good, taking into account the aging of society and segmentation of the labour market (jobs requiring high qualifications — better paying, and low qualifications – low paying), it is necessary to open ourselves to immi-

grants. According to the estimates of the National Bank of Poland (NBP), as much as 5.2 million people would have to settle in our country if we do not want to see a shortage of employees. Thus, import of workforce becomes an efficient solution or even a necessity. Immigration to Poland is an inevitable phenomenon; it is also beneficial for the country, for example because of the adverse demographic trends.

The purpose of this article is to present the situation on the Polish labour market in view of escalating labour migration. The author attempts to shed light on the role the immigrants can play, if they choose to respond to the shortage of employees on the Polish labour market.

The Polish labour market underwent a major metamorphosis in the last years. It went from being an employer's market to being an employee's market. Migration tendencies strengthened. On one hand, a large wave of labour emigration is felt, mainly to European countries. Within the territory of the OECD, Poland is among the main countries supplying emigrants with higher education (professional or academic). On the other hand, immigration of workforce into our country may also be observed.

The phenomenon of emigration to Poland is relatively new. Foreigners began to visit Poland in masses only after 20 years after 1989. Before that Poland was a so-called "zero emigration" country. The inflowing numbers of foreigners into our country remain at a relatively low level. Poland is still a less attractive destination country than so-called Western European countries. Foreigners make up only 2 % of the overall number of residents of Poland, and it is the lowest percentage in all of Europe.

The scale of immigration increased only after Poland entered the European Union, and it was linked to two main factors. Firstly, Poland began to be perceived as a destination country for immigration (transit immigration dominated before that). Secondly, the opening of the European labour market to Polish workers caused them to emigrate in masses.

Now Poland is the most important country of emigration in the European Union. The main reason for this is that the average wage level is no higher than one-fourth of the average wage level in Western Europe. At the same time, Poland has the chance to become a relevant destination country for immigrants. The average wage level in neighbouring Ukraine and Belarus is around one-fourth of the level in Poland. Our country could endeavour to attract highly qualified workforce from those areas in order to maintain its economic growth. However, it would have to undertake proactive steps encouraging people to settle in Poland, because our country is still not very attractive to immigrants. To realize the vision of Poland as a destination country for educated immigrants, we first have to implement significant changes in our immigration policy.

The phenomenon of immigration, or the influx of foreigners to Poland, is relatively new. Foreigners became interested in Poland only in the last few years. The influx of foreigners is still slow. This is because Poland is still a less attractive country than traditional immigration countries of Western Europe. Making the labour market available to immigrants is still a problem. We are lacking programs encouraging these groups to find their place in the labour market. Simultaneously, growing needs of the market make employing foreign workers more and more desirable. Unfortunately, this is not always followed by social acceptance (*Zjawisko imigracji w Polsce*, <http://www.portfel.pl> (date of access 2.08.2014), p. 1.).

An impulse for changes in Polish migration policy was granting the rights to organize the Euro 2012 to Poland and Ukraine. Immigrants are needed in Poland's dynamically growing economy to fill the shortage of employees, which occurs more and more often. The suffering industries are opening themselves to employing foreigners. Thus, regulations regarding employment of foreigners are being gradually loosened. The process began in 2007, and occurred after the years 1990—2006, which saw restrictive immigration policy. Under current regulations, any foreigner who is not relieved by law of the obligation to obtain a work permit in Poland, and who wishes to begin working in Poland, must obtain an appropriate permit. The employer is the party in the administrative proceeding, which means that the employer who wishes to hire a foreigner makes the request for the permit, and not the foreigner himself. The work permit is issued for a specific term, no longer than 3 years, and may be extended.

According to the regulation of the Minister of Labour and Social Policy from January 29, 2009 regarding the issuing of work permits for foreigners (Dz.U. 2009, nr 16, poz. 84.), there are 5 types of permits, differentiated on grounds of the type of work and employer:

*Table 1. Types of work permits for foreigners*, author's own elaboration according to an ordinance of the Labour and Social Politics Minister dated 29.01.2009 on issuing work permits for foreigners

Types of work permits	
Type A	Issued for foreigners who carry out work pursuant to a work contract with an employer whose seat is located in Poland.
Type B	Issued for the management board members.
Type C	Issued for foreigners who carry out work for a foreign employer and are seconded to work to Poland for a period not longer than 30 days a year.
Type D	Issued for workers seconded to render services of temporary and occasional character (export service).
Type E	Issued for workers seconded to Poland for a period exceeding 3 months within next 6 months in other objectives than mentioned in points 2-4.

The obligation to obtain a work permit does not pertain to all immigrants. The group relieved from the obligation includes persons fulfilling criteria presented in table 2.

*Table 2. Exemptions from the obligation to apply for a work permit*, author's own elaboration according to an ordinance of the Labour and Social Politics Minister dated 29.01.2009 on issuing work permits for foreigners

Immigrants exempt from an obligation to apply for a work permit	
1.	The EU citizens and of other countries from the European Commercial Region as well as Switzerland and Turkey.
2.	People possessing a permit to reside on the territory of Poland.
3.	People possessing a permit for a long-term resident alien of the European Community in Poland.
4.	People possessing a permit for a long-term resident alien of the European Community in other country of the EU which obtained a residence permit due to their work or due to the fact they run their own business.
5.	Refugees, people benefiting from a temporary protection or possessing permit for a tolerated residence.

Immigrants exempt from an obligation to apply for a work permit pursuant to other regulations	
1.	Foreign language teachers in educational institutions.
2.	Graduates of Polish upper secondary schools, stationary university studies, stationary Ph. D. studies on Polish universities.
3.	Scientists.
4.	Participants of culture-educational exchanges.
5.	Citizens of countries bordering with Poland with which Poland co-operates in terms of earning migration (White Russia, Moldavia, Russia, Georgia and Ukraine), who possess a declaration of their employers referring to an intention of entrusting with work execution, registered in the Municipal Labour Council - up to 6 months within 12 months.
6.	Foreigners possessing the Pole's Card.

Additional facilitations in the area of employing immigrants include: lowering the costs of work permits, abolishing the pledge for work permit, expediting the so-called labour market test or removing it completely, extending the term of work permits to 3 years. Thanks to these changes the procedure of employing foreigners in Poland is much shorter, as Polish entrepreneurs demand (Matkowska, 2012, p. 79—80).

Favourable regulations, which came into force on March 29, 2008, were created in order to smooth out the process of hiring immigrants, especially those from the other side of the eastern border who additionally are of Polish descent (the Pole Card Act — Dz. U. z 2007 r. Nr 180, poz. 1280). Under the act several privileges were instated for foreigners confirming their Polish nationality or descent. Among other matters, it entitles them to run a business and work under the same conditions as Polish citizens, to receive emergency medical aid, to use the free public education system and to enter museums free of charge. It does not relieve them of the necessity to possess a visa, necessary to cross the Polish border. Since the Pole Card Act came into force, until 2012 about 46 thousand Pole Cards were issued, 42 thousand in Belarus, 2.7 thousand in Russia, and 5 thousand in the Ukraine (the Ministry of Foreign Affairs, <http://www.msz.gov.pl>, (date of access 2.08.2014)). According to the Ministry of Foreign Affairs, our eastern neighbours are becoming more interested in Poland.

Further simplification of the rules of stay and work for foreigners, preventing illegal immigration, improving integration programs, more emphasis on the education of the children of migrants and allowing the legalization of stay of foreigners who are in the country illegally were all included in the document approved by the Council of Ministers on 31.07.2012 entitled «The Migration Policy of Poland — current state and postulated actions.— (*Polityka migracyjna Polski — stan obecny i postulowane działania*, Ministerstwo Spraw Wewnętrznych, <https://www.msw.gov.pl>, (date of access 2.08.2014)) According to the ministry's paper, specialists with needed qualifications, scientists and graduates of universities may count on preferential legal treatment regarding the legalization of stay and access to the labour market.

The document shows that the government sees the problem of the growing demand for foreign workers. And moreover that it undertakes to increase the share of foreigners on the Polish labour market according to its needs, in order to assure the competitiveness of the Polish economy.



It should be noted that contemporary migrations to Poland are not diverse geographically. Immigrants come to us mostly from neighbouring countries. Geographical proximity from the sending and destination country often means cultural proximity, which is not irrelevant in the context of employment of new arrivals on our labour market.

People come to Poland as part of labour immigration mainly from the former USSR. They are mostly citizens of Ukraine, Belarus and Russia. Among sending countries Ukraine takes first place; one-fourth of all immigrants living in Poland come from there. Second and third place on the list of sending countries have for many years been taken by two other countries of the former USSR, and Poland's eastern neighbours, Russia and Belarus. As a result, one-third of foreigners living in Poland come from our eastern neighbours. Among the former republics of the USSR, Armenia, Lithuania and Kazakhstan also play important roles as sending countries. Citizens of highly developed countries, Germany, France and Great Britain, also comprise a relatively large group of immigrants.

Citizens from far regions of the world, from Asia (excluding the former USSR), the Americas, Africa or Australia and Oceania, are only a small percentage of all foreigners living in Poland. Citizens of China, India, Korea, Vietnam and the United States stand out. The presence of these immigrants in Poland contradicts the above mentioned rule that foreigners come to Poland mostly from countries which are close in terms of geography and culture. As we can see, our country is more and more open to other cultures and nations in the era of globalization, becoming friendlier to the representatives of these countries.

Documented information on the numbers of immigrants in Poland may be obtained from the Foreigners' Office. In the previous decade (2001—2010) 25 to 35 thousand requests for legalization of stay in the Republic of Poland were submitted annually. Analyzing the data, we may notice an increase in the inflow of legal immigrants. In 2001 it was 30 thousand, and by 2007 the number doubled, reaching 60 thousand. In 2010 around 55 thousand requests for permits were submitted. Most requests were for permissions for stay for a specified time. Such permits are granted individually if circumstances exist to justify inhabiting the territory of the Republic of Poland for a period longer than 3 months, but no longer than 2 years. The circumstances include:

- work permit or permit for other paid labour
- running a business
- undertaking education
- marrying a Polish citizen or a foreigner who has a permit for settlement.

In the years 2008—2010 89,880 persons received such permits (table 3). Most of them came from Ukraine (28 %), next were Belarus and Vietnam (about 8 %), China (6 %) and Russia (5 %).

We should note that immigrants remaining in Poland are well educated (36 % hold higher education degrees). They are mostly 20 to 59 years old, which is working age (80 % of immigrants). This means that we have an immigration of professionally active people. Men dominate in numbers, though not from all countries. In the case of Ukraine and other Soviet Republics women are the majority, and they find employment in the sector of care for the elderly or children or in housekeeping.

*Table 3. Number of people who in 2008—2010 received residence permit for a definite period of time and most often represented citizenships, author's own elaboration according to D. Cianciara, K. Dudzik, A. Lewczuk, J. Pinkas, Liczba, charakterystyka i zdrowie imigrantów w Polsce, <http://www.phie.pl>*

Citizenship	Number	Percentage
Total number of foreigners	89 880	100
In this the most represented nationality		
Ukraine	25 224	28,1
Vietnam	7 167	8,0
Belarus	7 092	7,9
China	5 404	6,0
Russia	4 212	4,7
Total	49 099	54,6

Research shows that immigrants most often choose highly industrialized and developed regions: Masovia, Lower Silesia or Lesser Poland. We must also emphasize the fact that foreigners from different parts of the world do not settle in the same regions of. Citizens of Western Europe and the USA live in Warsaw and Krakow or in the vicinity. Foreigners coming from the countries of the former USSR live mostly in eastern voivodeships or where their compatriots have previously arrived. The Masovian Voivodeship had by far the most immigrants living there (30 %). Next were: Lesser Poland, Lower Silesia and the Łódź Voivodeship. Immigrants most often chose cities and large agglomerations, where work is readily available (about 83 %). They rarely chose small towns or villages. Though we should note that if they do, they find employment in construction or agriculture.

Analyzing the occupations of the members of each nation, we can notice the forming of certain specializations. And so the citizens of the old Member States find jobs in finance and industry (the French, the Germans). Americans and Englishmen are most often employed as teachers in private language schools. Citizens of Russia and the former Soviet Republics (mostly Ukrainians and Belarusians) find work as in sectors related to commerce, education or agriculture. Employment of citizens of Belarus or Ukraine is also rising in the construction industry. Ukrainians bolster the education sector as well, often being hired in public schools. Most often they work in schools teaching foreign languages. Foreigners from Asiatic countries usually work in sectors such as commerce or catering.

*Table 4. Work permits for foreigners according to selected sections of PKD in 2013 (in absolute numbers), author's own elaboration according to the Foreigners' Office*

The number of permits in 2013				
Total: 39 078				
1.	Wholesale and retail trade	7164	Professional, scientific and technical	1849
2.	Architecture	5054	Agriculture, forestry, hunting, fishing	1842
3.	Households with employed persons	5014	Information and communication	758
4.	Transportation, storage	3380	Education	356
5.	Activities related to accommodation and food service	3029	Health care and social assistance	343
6.	Manufacturing	1897	Financial activities and insurance	251

Large numbers of foreigners work illegally, however. They may be divided into three groups, presented in table 5. According to estimates, members of over 100 nationalities work in Poland. Simultaneously the employment is mostly illegal. The ubiquity of the phenomenon also shows that work of citizens of other countries is in demand. The vast majority of foreigners find employment in the second segment of the labour market, where Poles usually do not want to work.

*Table 5. Kinds of migrants working illegally in Poland, author's own elaboration*

Types of immigrant groups working illegally in Poland			
	Seasonal workers	Immigrants residing in Poland permanently	Immigrants connected with foreign entrepreneurs who run their business in Poland
Sector	Agriculture, construction business	Services connected with household keeping such as cleaning, caring for elderly people, disabled people, etc.	Insurance companies, financial ones (departments of the mother companies from other countries), family-owned companies (commercial, gastronomic)
Citizens	Ukraine, Belarus	Mostly citizens of ex Soviet Republics	Old EU countries, the USA, Japan, citizens of some Asian countries (Vietnam, China, Armenia), Turkey
Form of employment	Mostly illegal, but with a legal residence	Most often illegal, residence often illegal as well	Often illegal, but with a legal residence
Period	Spring, summer	Permanent residence	Short-term period without a necessity to fulfill all formal obligations resulting from the Polish law

It is hard to estimate the number of foreigners working in Poland, as most work seasonally or illegally. According to the data of the Foreigners' Office, immigrants were granted 39,078 individual and contractual work permits (table 4). The number does not take into account foreigners who do not need work permits, including the majority of citizens of countries of the European Union or who work illegally. At the same time, legal employment is only a small part of labour immigration into Poland. Estimates talk about even a few hundred thousand illegally employed foreigners.

The vast majority of immigrants staying in Poland temporarily do not intend to remain here permanently. Only 18,6 % of migrants declared an intention to stay, 5 % had difficulties with specifying their intentions. The percentage of persons who are staying temporarily but intend to remain in Poland increases as the duration of the stay increases, almost 26 % of persons remaining in Poland at least a year declare the intent to remain here permanently.

As a result, our migration policy should be adjusted to the new economic conditions and the situation on the labour market. It should be meant to facilitate the legal formalities of obtaining a temporary or permanent stay permit as well as work permit. Moreover, using the experiences of other countries with a longer history of immigration, we should take advantage of the situation and draw qualified workers in, as shortages will soon be apparent and felt.

## Conclusions

In the current situation, when there is a shortage of workers in the second sector due to the fact that a large percentage of the Polish qualified workforce has departed to find employment in more developed countries, a public debate on immigration has started. It is dominated by economic and political topics. One topic of discussion is the shortage of workers on the domestic market and the necessity to acquire them from abroad, another topic is the consequences of our obligations flowing from the Schengen treaty, which will surely strengthen the process of transforming Poland (as a “safe country”) from a transit state to a destination state. Facilitations for future workers from foreign countries are being developed. The mentality of our citizens is also shifting. Poland is becoming a more tolerant country towards foreigners. Poles are changing their attitudes towards «aliens» and other nations. We are becoming a nation of citizens who are open to foreigners coming to Poland, which is not irrelevant for the Polish labour market.

## Literature

1. *Duszczak M., Lesińska M.* Współczesne migracje. Dylematy Europy i Polski. — Warszawa: OBM, 2009.
2. *Kaczmarczyk P.* Migracje zarobkowe Polaków w dobie przemian. — Warszawa: Uniwersytet Warszawski, 2005.
3. *Kaczmarczyk P.* Współczesne migracje zagraniczne Polaków. Aspekty lokalne i regionalne. — Warszawa: OBM, 2008.
4. *Kaczmarczyk P.* Współczesne migracje zagraniczne Polaków — skala, struktura oraz potencjalne skutki dla rynku pracy. — Warszawa: OBM, 2006.
5. *Kaczmarczyk P., Okólski M.* Polityka migracyjna jako instrument promocji zatrudnienia i ograniczania bezrobocia. — Warszawa: OBM, 2008.
6. *Grabowska-Lusińska I., Okólski M.* Emigracja ostatnia? — Warszawa: Scholar, 2009.
7. *Grzymala-Kozłowska A., Łoziński S.* Problemy integracji imigrantów. Koncepcje, badania, polityki. — Warszawa: Uniwersytet Warszawski, 2008.
8. *Polityka migracyjna Polski — Stan obecny i postulowane działania: dokument przyjęty przez RM dnia 31.07.2012.*
9. *Raport Informacja o rozmiarach i kierunkach emigracji z Polski w latach 2004 — 2012.* — Warszawa: GUS, Departament Badań Demograficznych i Rynku Pracy, 2013.

## РОЛЬ ИММИГРАНТОВ НА ПОЛЬСКОМ РЫНКЕ ТРУДА

**М. Грабовская**

*Департамент экономики и исследований по развитию  
Вроцлавский экономический университет*

*В девяностые годы двадцатого века во многих странах изменилась политическая, экономическая и социальная система. Ограничение передвижения и контроль при пересечении границ были отменены. Регион экономически стал очень разнообразным. Такие изменения открыли огромный миграционный по-*

*тенциал в центре Европы, и в Польше в частности. Миграционные движения начали играть важную роль в нашей стране. На начальном этапе в Польше преобладала эмиграция. Разница заработной платы и условий жизни между Польшей и странами назначения стали причиной, по которой многие люди покидали места своего происхождения. Еще одним фактором, который побудил наших соотечественников ехать за границу в поисках работы, было увеличение спроса на труд иностранцев в странах назначения. Таким образом, на внутреннем рынке труда возникла нехватка рабочей силы, которую нужно было восполнить. Такая ситуация вызвала необходимость открытия рынка для иммигрантов. Иммиграция в Польшу является неизбежным явлением и одновременно полезной для страны, учитывая неблагоприятные демографические тенденции.*

**Ключевые слова:** *иммиграция, иммигранты, рынок труда, мобильность, нелегальные мигранты.*

УДК 339.13

## ESSENCE AND FEATURES OF ENTERPRISE COMPETITIVENESS

L. Mynko

*National University of Food Technologies*

---

**Key words:**

*Competitiveness*  
*Competitive edges*  
*Enterprise*  
*Methodical approaches*

**Article history:**

Received 17.10.2014  
Received in revised form  
03.11.2014  
Accepted 21.11.2014

**Corresponding author:**

L. Mynko  
**E-mail:**  
lnminko@mail.ru

---

**ABSTRACT**

In the article the basic theoretical approaches are considered concerning the determination of the essence of such concept as "competitiveness of an enterprise". Advantages and disadvantages of each of them are analysed and the basic constituents of this category are presented. The finalized definition of this category is given as a result of the study, which gives an opportunity to examine this concept not only as a result, but also as a process of enterprise activity from the point of view of achieving the strategic aims.

## СУТНІСТЬ І СКЛАДОВІ ПОНЯТТЯ КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА

Л.М. Минко

*Національний університет харчових технологій*

*У статті розглянуто основні теоретичні підходи до визначення сутності поняття «конкурентоспроможність підприємства», проаналізовано переваги та недоліки кожного з них, наведено базові складові цієї категорії. На основі проведених досліджень запропоновано уточнене визначення даної категорії, що дає змогу розглядати поняття не тільки як результат, а як процес діяльності підприємства з позицій досягнення його стратегічних цілей.*

**Ключові слова:** конкурентоспроможність, конкурентні переваги, підприємство, методичні підходи.

**Вступ.** Глобалізація ринкових відносин зумовлює трансформацію економіки України та постійні зміни умов діяльності суб'єктів господарювання. Підприємствам постійно доводиться пристосовуватись до змін ринкової кон'юнктури, нових законодавчих і нормативних актів, займатись пошуком нових джерел сировини, прогнозувати зміни ціни та можливі ризики на ринку енергоносіїв, оцінювати людський потенціал і контролювати багато інших аспектів, необхідних для успішної власної діяльності. Особливе місце в цьому переліку займає необхідність постійного моніторингу конкурентоспромож-

ності підприємства порівняно з аналогічними у відповідному ринковому сегменті. Актуальність дослідження даної категорії зростає у міру розвитку ринкових відносин і загострення конкурентної боротьби.

Конкурентоспроможність як одна з найважливіших категорій сучасної ринкової економіки має дуже широкий спектр вираження і може розглядатись з точки зору будь-якого об'єкта: біологічного, технічного, соціально-економічного. Найпоширеніша градація конкурентоспроможності така: конкурентоспроможність продукції (товару), конкурентоспроможність підприємства (товаровиробника), конкурентоспроможність галузі, країни (національної економіки). Ці поняття, хоч і різняться кожен своєю системою деталізації, при загальному розгляді виявляються взаємопов'язаними і тому, безумовно, взаємозалежними. Узагальнюючими для всіх зазначених категорій є те, що вони відображають здатність досліджуваного об'єкта ефективно виконувати свої функції в умовах постійно змінного конкурентного середовища.

**Огляд літератури.** Науковими дослідженнями за даною тематикою займалися такі вітчизняні і зарубіжні вчені, як: П. Самуельсон, І. Шумпетер, М. Портер, Г.Л. Азоєв, Р.А. Фатхутдінов, А.Ю. Юданов, А.П. Градов, Ю.Б. Іванов, В.А. Винокуров, П.С. Зав'ялов та інші. Однак, незважаючи на важливість та актуальність даної теми, аналіз вітчизняної й зарубіжної наукової літератури показав, що єдиного загально визнаного підходу до визначення економічної сутності поняття конкурентоспроможності підприємства не існує, і це створює проблеми при розробці ефективних методів і підходів до оцінки, аналізу та коригування показників, які відображають рівень конкурентоспроможності підприємства.

**Мета статті.** З'ясувати сутність і визначити складові поняття конкурентоспроможності підприємства.

**Виклад основного матеріалу.** У переважній більшості сучасних наукових досліджень підкреслюється пріоритетність саме поняття конкурентоспроможності продукції (товару). Віддаючи належне такому підходу, все ж варто зауважити, що товар виступає вже як результат господарської діяльності, яку здійснює підприємство. Саме в процесі виробництва продукції і закладаються ті якісні характеристики товару, що формують його споживчу цінність і відповідність ринковим вимогам. Враховуючи обставини зовнішнього середовища та оцінюючи власні можливості, підприємство визначає стратегію просування та збуту продукції, створюючи умови для успішної її реалізації споживачам. Також необхідно враховувати, що аналіз процесів конкурентоспроможності на макrorівні (галузі, регіону, країни) може бути проведений тільки через дослідження господарської діяльності відповідних підприємств, тому можна зробити висновок про пріоритетність проведення дослідження саме категорії конкурентоспроможності підприємства як найбільш важливої з точки зору мікро- і макроекономічних позицій.

Поняття «конкурентоспроможність» з точки зору етимології походить від англійського дієслова «compete» (з англ. «конкурувати»), яке лежить в основі слова «competitiveness» (з англ. «конкурентоспроможність»). В українському трактуванні об'єднано два слова «конкуренція» і «спроможність», що означає здатність, наявність можливостей до конкуренції, змагання [5].

Поняття конкурентоспроможності було введено М. Портером в праці «Стратегія конкуренції», в якій він розглядає дану категорію як сукупність певних конкурентних переваг об'єкта серед аналогічних на ринку. Самі ж конкурентні переваги характеризуються як сукупність характеристик товару чи послуги, які створюють певну перевагу перед конкурентами. Причому конкурентні переваги можуть бути технічними, технологічними, інформаційними, географічними, організаційними тощо.

Теоретичні аспекти конкурентоспроможності, обґрунтовані М. Портером, отримали подальший розвиток у працях як вітчизняних, так і зарубіжних вчених. На сьогодні в науці існують різні підходи до трактування поняття «конкурентоспроможність підприємства», тому для пошуку більш універсального визначення необхідно систематизувати найбільш поширені думки з цього приводу.

Один із підходів, що найчастіше зустрічається в науково-практичній літературі, базується саме на теорії М. Портера та полягає у порівнянні підприємств в межах галузі (або підприємств, що випускають товари-субститути) як у масштабі країни, так і на світовому ринку.

Такого підходу дотримується М.О. Єрмолов, що пропонує таке тлумачення цієї категорії: «Конкурентоспроможність підприємства (фірми) являє собою відносну характеристику, що відображає відмінності процесу розвитку певного товаровиробника від його конкурентів, як за ступенем забезпечення своїми товарами чи послугами конкретної суспільної потреби, так і за ефективністю виробничої діяльності» [6]. А.П. Градов у книзі «Економічна стратегія фірми» базується на такому трактуванні цього поняття: «відносна перевага порівняно з іншими фірмами даної галузі як на внутрішньому ринку країни, так і за кордоном» [4], але при цьому є незрозумілим, переваги в якій саме сфері діяльності фірми має на увазі автор.

Дещо відмінним від поглядів зазначених вище авторів є формулювання цього поняття з точки зору наявності у підприємства конкурентоспроможного товару (за певною сукупністю конкурентних переваг серед товарів-конкурентів): «можливості фірми запропонувати товар, що відповідає певним вимогам покупців, тобто у визначеній якості, в необхідній кількості, в певні терміни і за найбільш вигідних умовах доставки продукції, ніж у конкурентів» [9]; «конкурентоспроможність може бути визначена як перевага у ціні, швидкості постачання, дизайні тощо, яка дозволяє фірмі забезпечувати продаж своїх товарів за рахунок конкурентів» [11]; «головним критерієм конкурентоспроможності, від якої залежать конкурентні позиції виробника (постачальника) на ринку певного товару (товарної групи, всієї товарної маси), є можливість надавати покупцеві переваги за основними параметрам товару, який поставляється на ринок — рівню ціни, якості, умовам постачання та ін.» [15]. Саме такий підхід є найбільш поширеним. Автори виділяють ту чи іншу характеристику товару, але за своєю суттю таке трактування даної категорії не відображає рівень ефективності виробничо-господарської діяльності підприємства в цілому.

Більш обґрунтованим є підхід, що конкретизує критерії оцінки конкурентоспроможності підприємства: «...рівень компетенції підприємства порівняно з іншими підприємствами-конкурентами за такими параметрами, як технологія, практичні напрацювання та знання персоналу, рівень стратегіч-



ного і поточного планування, якість (систем управління, виробництва, продукції), комунікації» [12].

Але всі вищенаведені підходи базуються на теорії конкурентних переваг М. Портера [14], яка, хоч і достатньо зручна в практичному застосуванні та надає можливість оцінити конкурентоспроможність підприємства порівняно з такими ж підприємствами в даній галузі, країні або на світовому ринку, але має цілий ряд недоліків. Передусім відсутня системність оцінки даної категорії, тобто при зіставленні як локальних, так і інтегральних показників діяльності підприємства поза увагою залишаються складні внутрішньосистемні зв'язки, їх динаміка та синергійний ефект. По-друге, виділяючи для зіставлення певну групу підприємств-конкурентів, отримаємо лише ранжування конкурентних позицій даної групи, що знижує об'єктивність оцінки реальних позицій підприємства, яке аналізується, в цілому по галузі. По-третє, щоб надати реальну оцінку конкурентоспроможності підприємства при даному підході, необхідно підібрати для порівняння тільки аналогічні параметри діяльності, що в сучасних умовах диверсифікації діяльності суб'єктів господарювання (види продукції, сегменти ринку) зробити вкрай важко. Також одним із важливих недоліків такого підходу є те, що при врахуванні кількісних показників діяльності підприємства складно оцінити його здатність до адаптації в ринкових умовах, які постійно змінюються.

Більш доречно при дослідженні поняття конкурентоспроможність підприємства використовувати підхід, що відображає процес розвитку підприємства в динаміці та його здатність вчасно й ефективно коригувати параметри своєї діяльності залежно від змін у зовнішньому середовищі. Такий методичний підхід обґрунтовує у своїх працях достатньо широке коло науковців (табл.).

*Таблиця. Основні визначення категорії «конкурентоспроможність підприємства»*

Автор, № джерела	Визначення
1	2
Бондаренко Г.С. [1]	Система взаємопов'язаних елементів, яка складається із внутрішнього середовища підприємства, його споживачів і конкурентів, об'єднаних в єдине ціле для вирішення завдання забезпечення стійких конкурентних позицій, збереження існуючих і створення нових конкурентних переваг.
Винокуров В.А. [2]	Здатність вести успішну конкурентну боротьбу, протистояти їй.
Воронкова А.Е. [3]	Властивість суб'єкта ринкових відносин, що проявляється в процесі конкуренції і дозволяє зайняти свою нішу в ринковому господарстві для розширеного відтворення, що припускає покриття всіх витрат виробництва й отримання прибутку від господарської діяльності.
Іванов Ю.Б. [7]	Конкурентоспроможність підприємства — це здатність підприємства змінювати намічений режим функціонування в процесі адаптації до впливів зовнішнього середовища з метою збереження, розвитку вже наявних або створення нових конкурентних переваг.
Карлофф Б. [8]	Здатність забезпечити найкращу пропозицію порівняно з конкуруючим підприємством.
Люкшинов А.М. [10]	Здатність підприємства протистояти іншим підприємствам, вести з ними успішну боротьбу за ринки збуту товарів і послуг.
Попов С.А. [13]	Здатність організації досягати своїх цілей в умовах ринку, на якому з аналогічними цілями діють інші організації.

1	2
Фатхутдінов Р.А. [16]	Властивість об'єкта, що характеризується ступенем реального чи потенційного задоволення ним конкретних споживачів порівняно з аналогічними об'єктами, представленими на даному ринку.
Шершньова З.Є. [17]	Рівень компетенції підприємства порівняно з іншими підприємствами-конкурентами в створенні та використанні виробничого потенціалу певної направленості, а також його окремих складових: технології, ресурсів, менеджменту, навичок та освіти персоналу, що виявляється в таких результативних показниках, як якість продукції, прибутковість і продуктивність.
Юданов А.Ю. [18]	Конкурентоспроможність залежить від загальної ефективності його діяльності і визначається досконалістю використання ресурсів підприємства.

У більшості наведених підходів конкурентоспроможність розглядається як здатність ефективно використовувати внутрішні можливості підприємства в процесі власної діяльності з метою збереження існуючих і створення нових конкурентних переваг для успішної конкурентної боротьби на ринку товарів та послуг.

Підприємство за своєю суттю є виробничо-економічною системою і рівень та динаміка його конкурентоспроможності залежать від цілого комплексу складових. Це передусім можливості самоорганізовувати та пристосовувати до існуючих реалій ринку внутрішні процеси підприємства, а також впливати на зовнішнє середовище, формуючи для себе найбільш прийнятні умови господарювання з урахуванням своїх ресурсних можливостей, цілей і завдань.

Надзвичайно важливим для отримання об'єктивних висновків щодо рівня конкурентоспроможності підприємства є фактор часу, оскільки терміни, необхідні для створення, та реалізація певних конкурентних переваг, як правило, не збігаються з динамікою отриманих результатів діяльності. Тобто недоцільно розглядати конкурентоспроможність підприємства в окремий дискретний проміжок часу, протягом якого реалізувались тактичні, а не стратегічні цілі суб'єкта господарювання.

Дослідження існуючих теоретичних підходів до визначення категорії «конкурентоспроможність підприємства» дозволяє зробити висновки, що не можна надати реальну оцінку конкурентоспроможності підприємства, спираючись на аналіз його окремих конкурентних переваг в обмежений проміжок часу. Відповідно, визначення даної категорії можна уточнити таким чином: «Конкурентоспроможність підприємства — це здатність підприємства вчасно й ефективно коригувати параметри своєї діяльності залежно від змін у зовнішньому середовищі для підтримання існуючих і створення нових конкурентних переваг з метою досягнення власних стратегічних цілей». Таке трактування дає змогу розглядати поняття конкурентоспроможності підприємства:

1) як систему взаємодіючих факторів, що надає можливість суб'єктам господарювання підтримувати на належному рівні вже існуючі конкурентні переваги та створює умови для формування нових;

2) як здатність даної системи змінювати параметри внутрішнього середовища залежно від потреб ринку, а також ефективно взаємодіяти із зовнішнім

середовищем, створюючи більш зручні для власної діяльності умови співпраці і з постачальниками сировинних ресурсів, і зі споживачами власної продукції;

3) як системну категорію, що відображає конкурентоспроможність не тільки як результат, а як процес діяльності підприємства з позицій досягнення його стратегічних цілей.

### **Висновки**

Забезпечення ефективної діяльності підприємств у сучасних ринкових умовах потребує постійного моніторингу їх конкурентоспроможності, оцінки можливих конкурентів по галузі, ринкам збуту продукції або постачальникам ресурсів. Для проведення такого аналізу необхідною умовою є чітке розуміння самої сутності категорії «конкурентоспроможність підприємства» та виокремлення її основних складових. Завдання ускладнюється багатогранністю даного поняття, що набуває нових ознак залежно від галузі, об'єкта, масштабу діяльності тощо.

Аналіз найбільш поширених у науковому середовищі теоретичних підходів до визначення сутності поняття «конкурентоспроможність підприємства» дав змогу уточнити визначення даної категорії: «Конкурентоспроможність підприємства — це здатність підприємства вчасно й ефективно коректувати параметри своєї діяльності залежно від змін у зовнішньому середовищі для підтримання існуючих і створення нових конкурентних переваг з метою досягнення власних стратегічних цілей», що надає можливість розглядати дане поняття не тільки як результат діяльності, а як системну категорію, яка відображає процес діяльності підприємства з позицій його стратегічних цілей.

### **Література**

1. *Бондаренко Г.С.* Управление конкурентоспособностью автотранспортного предприятия: автореф. на здоб. наук. ступ. к.е.н. [Текст] / Г.С. Бондаренко, — Харків: ХДЕУ, 2001. — 20 с.
2. *Винокуров В.А.* Организация стратегического управления на предприятии. [Текст] / В.А. Винокуров. — М.: Центр экономики и маркетинга, 1996. — 458 с.
3. *Воронкова А.Е.* Стратегічне управління конкурентоспроможним потенціалом промислових підприємств [Текст]: автореф. дис. д-ра екон. наук: 08.06.01 / Воронкова А.Е.; НАН України, Інститут економіки промисловості. — Донецьк, 2001. — 32 с.
4. *Градов А.П.* Экономическая стратегия фирмы [Текст]: учеб. пособие / ред. А.П. Градов. — 2.изд., испр. и доп. — СПб.: Специальная литература, 1999. — 589 с.
5. *Етимологічний словник української мови (у 7 томах)* [Текст] / Під ред. О.С. Мельничука, В.Т. Коломійця, О.Б. Ткаченко. — Т. 2. — К.: «Наукова думка», 1985. — 570 с.
6. *Ермолов М.О.* Чем отличается конкурентоспособность фирмы от конкурентоспособности товара. Как продать товар на вашем рынке [Текст] / М.О. Ермолов. — М.: Мысль, 1990. — 364 с.
7. *Иванов Ю.Б.* Конкурентоспособность предприятия: оценка, диагностика, стратегия [Текст] / Ю.Б. Иванов [и др.]. — Х.: ХНЭУ, 2004. — 255 с.

8. Карлофф Б. Деловая стратегия, концепция, содержание, символы [Текст] / Б. Карлофф. — М.: Экономика, 1991. — 240 с.
9. Лицишин О.І. Довідник економіста-підприємця (терміни ринкової економіки). [Текст] / О.І. Лицишин. — Львів, «Б.В.», 1992. — 176 с.
10. Люкшинов А.Н. Стратегический менеджмент [Текст] / А.Н. Люкшинов, — М.: ЮНИТИ, 2000. — 376 с.
11. Мерчанський В.В. Конкурентоспроможність підприємства та управління стратегією його розвитку [Текст]: [кол. моногр.] / В.В. Мерчанський, В.М. Ключко, І.М. Ключко — Х., 2010. — 156 с.
12. Павлова В.А. Конкурентоспроможність підприємства: оцінки та стратегія забезпечення [Текст] / В.А. Павлова; Дніпропетровський ун-т економіки та права. — Д.: Видавництво ДУЕП, 2006. — 276 с.
13. Попов С.А. Стратегическое управление: 17-модульная программа для менеджеров «Управление развитием организации». Модуль 4. — М.: ИНФРА-М, 1999. — 344 с.
14. Портер Майкл Э. Конкуренция [Текст]: пер. с англ.: Учеб. пособие / М.Э. Портер; ред. Я.В. Заблоцкий. — СПб. и др.: Издательский дом «Вильямс», 2010. — (A Harvard Business Review Book). — 592 с.
15. Тягунова Н.М. Конкурентоспроможність торговельних підприємств [Текст]: монографія / Н.М. Тягунова, В.О. Боїн; ВНЗ Укоопспілки «Полтав. ун-т економіки і торгівлі». — Полтава: РВВ ПУЕТ, 2010. — 154 с.
16. Фатхутдінов Р.А. Управління конкурентоздатністю організації [Текст]: Підручник / Р.А. Фатхутдінов, Г.В. Осовська. — К.: «Кондор», 2009. — 470 с.
17. Шершньова З.Є. Антикризисное управління підприємством [Текст]: навч. посіб. для студ. екон. спец. усіх форм навч. / З.Є. Шершньова [та ін.]; заг. ред. З.Є. Шершньова; Київський національний економічний ун-т ім. Вадима Гетьмана. — К.: КНЕУ, 2007. — 676 с.
18. Юданов А.Ю. Конкуренция: теория и практика [Текст]: Учебно-практическое пособие. 2-е изд. / А.Ю. Юданов; — М.: Ассоц. Авторов и издателей «Тандем»; Изд. «ГНОМ-ПРЕСС», 1998. — 384 с.

## **СУЩНОСТЬ И СОСТАВЛЯЮЩИЕ ПОНЯТИЯ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ**

**Л.Н. Минко**

*Национальный университет пищевых технологий*

*В статье рассмотрены основные теоретические подходы к определению сущности понятия «конкурентоспособность предприятия», проанализированы преимущества и недостатки каждого из них, приведены базовые составляющие этой категории. На основе проведенных исследований предложено уточненное определение данной категории, что позволяет рассматривать данное понятие не только как результат, а как процесс деятельности предприятия с позиций достижения его стратегических целей.*

**Ключевые слова:** конкурентоспособность, конкурентные преимущества, предприятие, методические подходы.

## FORMATION OF MANAGEMENT SYSTEM OF THE ENTERPRISE EQUITY CAPITAL

A. Mikitenko

*National University of Food Technologies*

<p><b>Key words:</b></p> <p><i>Capital</i> <i>Equity capital</i> <i>Management system of equity capital</i> <i>Emission policy</i> <i>Dividend policy</i></p> <hr/> <p><b>Article history:</b> Received 14.10.2014 Received in revised form 08.11.2014 Accepted 25.11.2014</p> <hr/> <p><b>Corresponding author:</b> A. Mikitenko <b>E-mail:</b> amikitenko1980@mail.ru</p>	<p><b>ABSTRACT</b></p> <p>An approach to the formation of equity capital management system, which is regarded as a set of elements that are inter-related and affect the process of formation, evaluation and use of capital within certain principles and methods to control these processes were investigated. It was determined that the primary purpose of equity capital management is to ensure and maintain the capital adequacy. The principles of logical organization of the system, combined in general and specific groups, effectively contribute to the achievement of the abovementioned goal. The control system of equity capital is provided by the subsystems of lower level: risk management, internal control and audit, information system, monitoring system. The effective management of equity capital of an enterprise should be based on careful monitoring. Monitoring control system of equity capital provides system feedback.</p>
---	---

## ФОРМУВАННЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ВЛАСНИМ КАПІТАЛОМ ПІДПРИЄМСТВА

А.М. Микитенко

*Національний університет харчових технологій*

*У статті запропоновано підхід до побудови системи управління власним капіталом підприємства, яка розглядається як сукупність елементів, що знаходяться у взаємозв'язку і впливають на процес формування, оцінки та використання капіталу в рамках певних принципів і методів управління цими процесами. Визначено, що основною метою системи управління власним капіталом є забезпечення і підтримка достатності капіталу. Ефективному досягненню мети сприяють принципи логічної організації системи, об'єднані в загальні та специфічні групи. Система управління власним капіталом забезпечується підсистемами нижчого рівня — управління ризиками, внутрішнього контролю та аудиту, інформаційної системи, системою моніторингу. Ефективне управління власним капіталом підприємства повинне ґрунтуватись на ретельному моніторингу. Моніторинг системи управління власним капіталом забезпечує зворотний зв'язок у системі.*

**Ключові слова:** *капітал, власний капітал, система управління власним капіталом, емісійна політика, дивідендна політика.*

**Постановка проблеми.** Розвиток ринкової економіки і прагнення підприємств до зростання добробуту в умовах повної господарської самостійності сприяє все більшій концентрації уваги на питаннях управління джерелами формування капіталу підприємств, у тому числі такої важливої складової, як власний капітал.

Власний капітал дозволяє сформувати активи, на які не мають впливу особи, що не є власниками підприємства. У зв'язку з цим, власний капітал є основою фінансової стійкості і стабільності, забезпечує успішне функціонування підприємства. Необхідність управління власним капіталом обумовлена не тільки внутрішніми передумовами (прагненням до покращення фінансових результатів діяльності), але і залежністю підприємства від зовнішнього середовища.

Різним аспектам управління формуванням власного капіталу й ефективності його використання приділено чимало уваги у працях вітчизняних і зарубіжних вчених, зокрема: Л. Бернстайна, І.О. Бланка, Є.Ф. Брігхема, А. Гропеллі, Г.Г. Кірейцева, М.О. Кизима, Б.М. Корецького, Р.А. Костирка, Р. Коха, М.Н. Крейніної, Т.О. Кузнецова, Е. Нікбахта, А.М. Поддєрьогіна, В.П. Савчука, К. Уолша, Н.Р. Холта, Д.К. Ван Хорна, С.І. Шкарабана та інших.

Разом із цим, не применшуючи значення теоретичних і практичних напрацювань учених-економістів, варто відмітити, що на сьогодні відсутні науково обґрунтовані рекомендації щодо побудови системи управління власним капіталом підприємства.

**Метою статті** є дослідження теоретико-методичних аспектів управління власним капіталом і формування на цій основі системи положень, що дозволять підвищити обґрунтованість та результативність практичних рішень щодо управління формуванням і використанням власного капіталу підприємств.

**Виклад основного матеріалу.** Формування системи управління власним капіталом доцільно здійснювати згідно із сучасними концепціями побудови складних керуючих систем, основу яких складають: комплексність охоплення напрямків управляючих впливів; розподіл управління; безперервність здійснення прогностичних і управлінських оцінок; послідовне застосування кількісних підходів для вирішення завдань аналізу та прогнозування; розвинене інформаційне забезпечення всіх або найважливіших етапів прийняття рішень (рисунки).

Під час управління власним капіталом необхідно врахувати його позитивні і негативні риси [8, 7]. Так, позитивними моментами є: простота залучення, оскільки рішення щодо його збільшення (особливо за рахунок внутрішніх джерел) приймаються власниками та менеджерами без участі інших суб'єктів господарювання (наприклад, банків); більш висока здатність генерувати прибуток у всіх сферах діяльності підприємства, оскільки під час його використання відпадає необхідність у сплаті позикового відсотка і відсотка за облігаційними позиками; забезпечення фінансової стійкості розвитку підприємства і його платоспроможності в довгостроковому періоді, що формує позитивний імідж підприємства.

До недоліків використання власного капіталу можна віднести: обмеженість обсягу залучення для розширення масштабів підприємницької діяльності; більш висока вартість порівняно з альтернативними позиковими джерелами капіталу (дивіденд за акціями, як правило, вищий за відсоток корпоративними

облігаціями, тому що ризик останніх нижчий); нереалізована можливість приросту рентабельності власного капіталу за рахунок залучення позикових коштів за допомогою ефекту фінансового левеґиджу (важеля); право участі в управлінні підприємством; складність організації управління власним капіталом.

Управління власним капіталом розглядається як складова частина фінансового менеджменту підприємства, що припускає: обґрунтування його достатності відповідно до обсягу, структури і змісту виробничої діяльності; вибір оптимального способу нарощування капіталу (емісія акцій, прибуток тощо) в умовах, що склалися; врахування вартості і ризиків.

Достатній обсяг капіталу визначає якість управління підприємством із позицій ризику і прибутковості та розглядається як орієнтир для акціонерів та інвесторів. При цьому в межах головної мети кожен із суб'єктів формулює свої цілі, виходячи із загального призначення капіталу. Досягнення мети опосередковується виконанням сукупності завдань, що мають більш локальний стосовно системи (внутрішньосистемний) характер.

Формування та реалізація системи управління власним капіталом передбачає розгляд і обґрунтування відповідних принципів, дотримання яких дозволить звести до мінімуму витрати. Принципи логічної організації системи доцільно об'єднати в такі групи, як загальні принципи та специфічні принципи.

Слід підкреслити, що для якісного управління необхідна злагоджена робоча група кваліфікованих фахівців: топ менеджера, портфельного менеджера, що відповідає за стратегію і планування капіталу, аналітику інструментів ринків, математику, відчуває алгоритм оптимізації, і програміста, який реалізує фінансові та математичні ідеї за допомогою комп'ютера. Основним напрямком вдосконалення персоналу повинно стати навчання його аналізувати структуру капіталу, визначати вартість, а також регулярні консультації співробітників підприємства з фахівцями. Так, у зарубіжній практиці фінансові менеджери поділяються на три базові групи: фінансові аналітики, фінансові інноватори, фінансові інженери [5].

Важливе місце в системі управління власним капіталом повинно належати фінансовому менеджеру. Проте, як свідчить практика, фінансові менеджери, особливо ризик-менеджери, є тільки на великих ПАТ, а на середніх ПАТ і ПрАТ як суб'єкти можуть виступати керівник і головний бухгалтер, що знижує ефективність фінансових рішень.

До посадових обов'язків фінансового менеджера відносять [4, 6]: управління цінними паперами; оцінку можливості злиття або поглинання інших підприємств; встановлення основних параметрів дивідендної політики, а до обов'язків фінансового директора — участь у формуванні стратегії розвитку підприємства, визначення фінансових потреб для його розвитку, норми капіталізації прибутку, структури капіталу; розподіл чистого доходу; формування емісійної, дивідендної політики, вибір ефективних фінансових інструментів; злиття і поглинання.

Планування капіталу повинно здійснюватися з урахуванням досягнення відповідності між обсягами залученого капіталу і сформованих активів. Розмір власного капіталу виступає у вигляді балансуєчого показника при стратегічному плануванні діяльності підприємства і визначенні рівня ризику. Вважаємо за необхідне визначати бажані і допустимі значення власного

капіталу. Передусім необхідно враховувати мінімально необхідний розмір статутного капіталу і вимоги законодавства, потім — його вплив на фінансові результати діяльності підприємства, а також брати до уваги аналогічні показники інших підприємств, близьких за характером і масштабами діяльності.

Одним із найважливіших методів управління капіталом є емісійна політика, що покликана забезпечувати залучення коштів із зовнішніх джерел найбільш ефективним чином. Реалізується ця політика через додаткову емісію акцій. Основна мета емісійної політики — залучення на фінансовому ринку необхідного обсягу фінансових коштів в мінімально можливі строки за мінімальною вартістю.

Для ефективної реалізації емісійної політики необхідна якісна аналітична робота з дослідження ринку цінних паперів і позицій акцій підприємства на цьому ринку, чітке усвідомлення цілей емісії та зіставлення планованого позитивного результату від розміщення додаткових випусків цінних паперів із витратами на нього, що передбачає такі етапи: 1) дослідження можливостей ефективного розміщення передбачуваної емісії акцій шляхом всебічного попереднього аналізу кон'юнктури фондового ринку й оцінки інвестиційної привабливості власних акцій; 2) визначення цілей емісії; 3) визначення обсягу емісії; 4) встановлення номіналу, видів і кількості емітованих акцій; 5) оцінка вартості залученого акціонерного капіталу здійснюється за передбачуваним рівнем дивідендів і витратами на випуск акцій і розміщення емісії; 6) визначення ефективних форм андеррайтингу.

Утворення, розподіл і використання прибутку може відобразитися в політиці управління прибутком підприємства. Межа економічної доцільності залучення позикових коштів визначає ефект фінансового важеля — інструмент управління рентабельністю власного капіталу за рахунок оптимізації співвідношення власних і позикових фінансових коштів.

Важливою і необхідною складовою управління внутрішніми джерелами власного капіталу є комплексне управління пасивами й активами. Головним завданням наукового управління пасивами й активами є визначення ступеня допустимості та виправданості того або іншого ризику операцій і прийняття рішення, спрямованого на використання ризикових ситуацій або розробку системи заходів, що знижують можливість появи втрат від такого виду діяльності з метою досягнення їхньої найвищої прибутковості при дотриманні необхідного рівня ліквідності.

Для досягнення відповідної якості використовують такі способи: 1) «портфельний» — пасиви і активи підприємства розглядаються як його особливі «портфелі цінностей». Методики, що використовуються, будуть аналогічні тим, які використовуються для управління будь-якими іншими «портфелями цінностей». Зокрема, аналізуються структура активів, їх дохідність і рівень ризику, вибирається певна стратегія формування портфеля активів; 2) методи потокового моделювання забезпечують рухому, динамічну картину формування портфеля пасивів і активів підприємства. Структура активів розглядається не тільки за фіксовані моменти, але і за весь необхідний проміжок часу. Кожному активу ставиться у відповідність потік його доходів. Коливання частки та розміру самого активу будуть призводити до зміни потоку



доходів, що зіставляються з певною часовою шкалою. Застосування потокових методів дозволяє об'єднати в єдине ціле різноманітні за своєю природою операції. Для кожного з цих активів формується своя схема і відповідна їй субмодель.

Можливість капіталізації прибутку прямо і безпосередньо пов'язана з визначенням і реалізацією дивідендної політики як однієї зі складових стратегій управління капіталом підприємства. Процес розробки дивідендної політики проводиться поетапно: оцінка основних факторів, що впливають на розміри; терміни і доцільність виплати дивідендів; вибір типу дивідендної політики відповідно до стратегії управління капіталом із урахуванням оцінки окремих факторів; механізм розподілу прибутку згідно з обраним типом дивідендної політики; визначення рівня дивідендних виплат на одну просту акцію; оцінка ефективності дивідендної політики та її корекція за результатами оцінки.

Головним джерелом нарощення капіталу є підвищення ефективності його використання, що передбачає якісне зростання, яке і виступає основою розробки управлінських рішень щодо вибору джерел капіталу. Більшість вітчизняних і зарубіжних вчених-економістів [1, 2, 3] вважають, що одним із найважливіших факторів, який визначає пропорції розподілу прибутку на капіталізовану частину і частину, що спрямовується на виплату дивідендів, є вимога підтримувати відносну забезпеченість і ефективність використання капіталу на незмінному (не нижче досягнутого) рівні.

У системі фінансового менеджменту основною метою формування капіталу є задоволення потреби у придбанні необхідних активів і оптимізація його структури з позиції забезпечення умов ефективного використання. Відповідно, важливого значення набуває управління структурою власного капіталу.

І.О. Бланк відзначає, що тільки для підприємств, які безпосередньо взаємодіють з ринком капіталу, особливо актуальна проблема оптимальної структури капіталу. Як для різних підприємств, так і для одного підприємства на різних стадіях розвитку не існує єдиної оптимальної структури капіталу [1].

В умовах постійно мінливого зовнішнього середовища особливу увагу слід приділяти альтернативним методам, що враховують вплив невизначеності і ризику. Основна мета управління фінансовими ризиками полягає в захисті інтересів підприємства шляхом забезпечення належного рівня надійності, що відповідає характеру і масштабами діяльності проведених операцій та оптимізації ризиків. Управління ризиками слід здійснювати як на індивідуальній, так і на консолідованій основі.

Функціонування інформаційних підсистем у системі управління власним капіталом передбачає: об'єднання методів та інструментів управління капіталом, різних методик його оцінки, а також спеціалізованих програмних засобів статистичного аналізу, оптимізації, багатокритеріального вибору, причинно-наслідкового моделювання, спрямованих на виявлення взаємозв'язків факторів, що визначають розмір капіталу акціонерного товариства, а також дозволяють будувати обґрунтовані прогнози показників ефективності роботи підприємства.

В умовах підвищення ринкової дисципліни важливе значення необхідно приділяти інформаційній політиці акціонерного товариства.

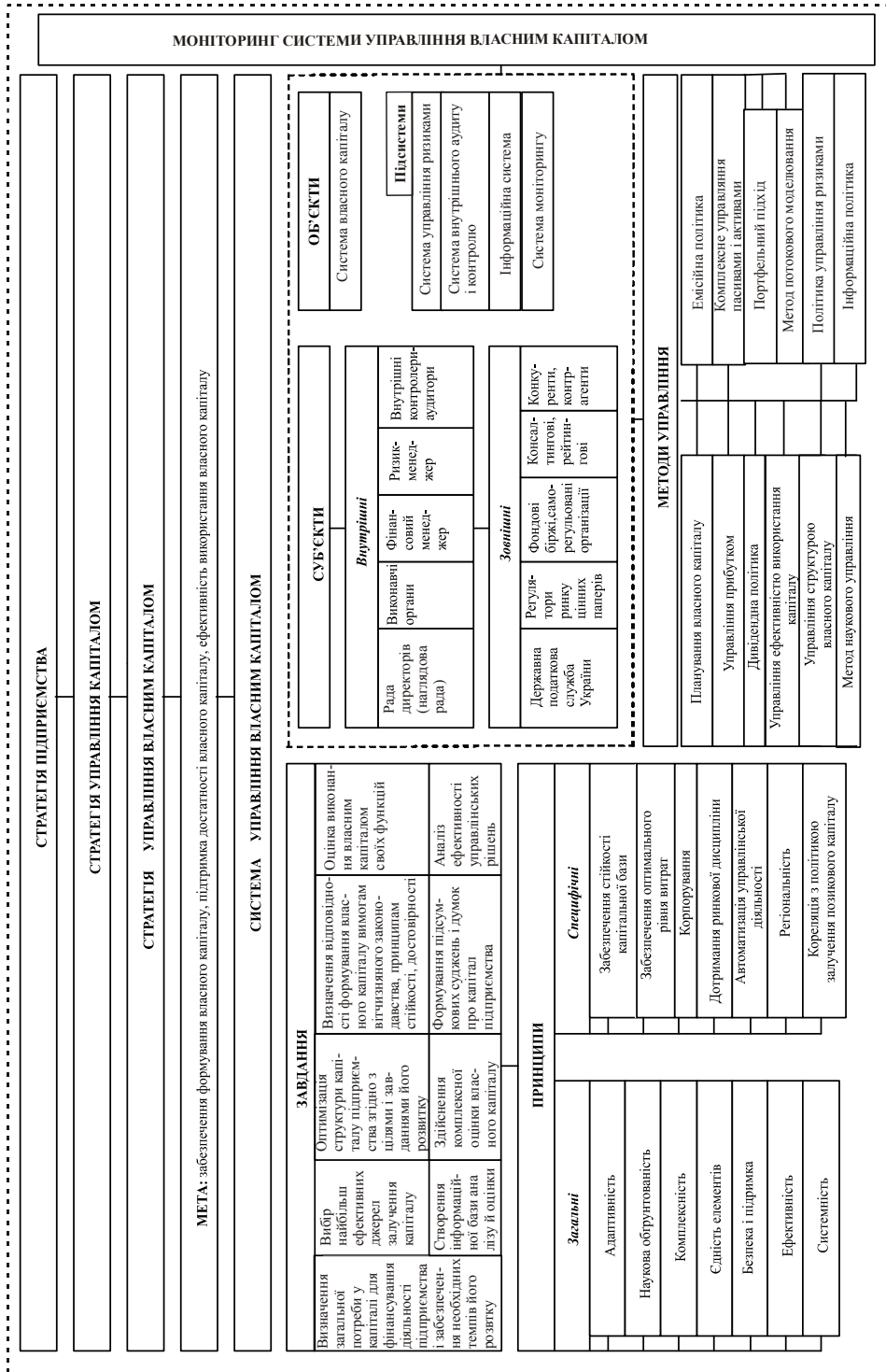


Рис. 1. Система управління власним капіталом підприємства

Умовою успішної реалізації прийнятих рішень є широке використання в процесі їх розробки наукових підходів. Метод наукового управління передбачає застосування апарату математичного програмування для оптимізації розподілу коштів, ресурсів, що забезпечує високий рівень надійності. Фінансовий менеджер може використовувати специфічні методи і прийоми при вирішенні конкретних завдань.

Ефективною основою реалізації системи управління власним капіталом підприємства є моніторинг, основна мета якого полягає у відстеженні змін стану капіталу підприємства, структури, за якої обрана стратегія управління капіталом буде сприяти максимальній його ефективності. Завданням моніторингу є не тільки спостереження, а й накопичення фактів, що свідчать про розвиток капіталу як економічної системи, їх аналіз, оцінка, діагностика.

У процесі моніторингу встановлюють: ефективність системи управління власним капіталом; «вузькі» місця і джерела їх виникнення; фактори, ризики, що впливають на управління власним капіталом; доцільність внесення змін у систему управління власним капіталом; чи всі підсистеми, елементи, включені в систему управління власним капіталом, виконали свою роль у захисті від несприятливих подій; доцільність заміни окремих підсистем, елементів більш ефективними; гнучкість системи прийняття рішень щодо управління власним капіталом; ступінь захисту підприємства від ризиків системи прийняття рішень щодо управління власним капіталом.

Періодичність здійснення моніторингу визначається його важливістю для відповідного напрямку діяльності, внутрішнього процесу або інформаційної системи. Інформаційна база моніторингу включає три рівні ієрархії, що дозволяють враховувати найбільш повний комплекс показників, які впливають на ефективність використання власного капіталу підприємства. На першому рівні здійснюється моніторинг зовнішнього середовища підприємства, що дозволяє отримати інформацію про потенційні витрати на утримання й обслуговування як власного, так позикового капіталу.

Другий рівень призначений для внутрішнього використання, в межах якого оцінюються конкретні виробничі показники, а також здійснюється оцінка балансової вартості власних фінансових ресурсів підприємства. Сукупність першого та другого рівня дозволяє провести оцінку ринкової вартості власного капіталу, а також є підґрунтям для прийняття управлінських рішень.

На третьому рівні формуються конкретні управлінські рекомендації, які ґрунтуються на експертній оцінці величини та динаміки власного капіталу, а також отриманих на попередніх етапах об'єктивні дані про стан фондового та товарного ринків.

Моніторинг результатів функціонування системи управління власним капіталом забезпечує зворотний зв'язок у зазначеній системі. Саме моніторинг створює гнучкість і адаптивність управління власним капіталом, а також динамічний характер цього процесу.

### **Висновки**

Отже, ефективне управління власним капіталом полягає у вирішенні таких завдань, як мінімізація ціни власного капіталу та зменшення трансакційних витрат на одиницю реалізованої продукції.

Для забезпечення ефективності система управління власним капіталом повинна відповідати таким критеріям: наявність єдиної, адаптованої до всіх суб'єктів управління методології оцінки і прогнозування стану системи індикаторів; прийняття рішень у рамках єдиного інформаційного простору, що являє собою стан і прогнози системи індикаторів; взаємозв'язок стратегічного й оперативного рівнів управління.

Сприяття досягненню та забезпеченню ефективності системи управління власним капіталом повинні: акціонери, аудитори, регулятори ринку цінних паперів, фондові біржі та інші саморегульовані організації, держава, співробітники, рейтингові агентства тощо.

Досягненню ефективності системи управління власним капіталом сприяє модернізація її найбільш важливих складових.

### **Література**

1. *Бланк И.А.* Управление формированием капитала: учеб. / И.А. Бланк. — Киев: «Ника-Центр» — «Эльга», 2008. — 510 с.
2. *Бригхэм Ю.Ф.* Энциклопедия финансового менеджмента / Ю.Ф. Бригхэм; пер. с англ. — М.: РАРС-Экономика, 1998. — 823 с.
3. *Иванов И.В.* Финансовый менеджмент: стоимостной подход: учеб. пособие / И.В. Иванов, В.В. Баранов. — М.: Альпина, Бизнес Букс, 2008. — 504 с.
4. *Ковалева А.М.* Финансы фирмы: [учеб. для студ. вузов, обучающихся по экон. специальностям и направлениям] / А.М. Ковалева, М.Г. Лагуста, Л.Г. Скамай — [4-е изд.]. — М.: ИНФРА-М, 2009. — 522 с. — (Серия «Высшее образование»).
5. *Коупленд Т.* Стоимость компаний: оценка и управление / Т. Коупленд, Т. Коллер, Дж. Муррин; [пер. с англ.]. — М.: Олимп-Бизнес, 2005. — 576 с.
6. *Фінансовий менеджмент: навч. Посібник* / За ред. Г. Г. Кірейцева. — 3-тє вид., перероб. і доп. — К.: Центр навч. літ., 2004. — 531 с.
7. *Фінансовий менеджмент: підручник* / Кер. кол. авт. і наук. ред. проф. А.М. Поддєрьогін. — К.: КНЕУ, 2005. — 535 с.
8. *Чорна О.М.* Економічний зміст та проблематика управління капіталом підприємства реального сектору економіки в Україні / О.М. Чорна, О.О. Мацнева // Науково-практичний журнал «Науковий вісник: Фінанси, банки, інвестиції». — 2013. — № 2. — С. 48—56.

## **ФОРМИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СОБСТВЕННЫМ КАПИТАЛОМ ПРЕДПРИЯТИЯ**

**А.Н. Микитенко**

*Национальный университет пищевых технологий*

*В статье предложен подход к построению системы управления собственным капиталом предприятия, которая рассматривается как совокупность элементов, находящихся во взаимосвязи и влияющих на процесс формирования, оценки и использования капитала в рамках определенных принципов и методов управления этими процессами. Определено, что основной целью системы*

управления собственным капиталом является обеспечение и поддержание достаточности капитала. Эффективному достижению цели способствуют принципы логической организации системы, объединенные в общие и специфические группы. Система управления собственным капиталом обеспечивается подсистемами нижестоящего уровня — управления рисками, внутреннего контроля и аудита, информационной системы, системой мониторинга. Эффективное управление собственным капиталом предприятия должно основываться на тщательном мониторинге. Мониторинг системы управления собственным капиталом обеспечивает обратную связь в системе.

**Ключевые слова:** капитал, собственный капитал, система управления собственным капиталом, эмиссионная политика, дивидендная политика.

## PUBLIC HEALTH AS AN OBJECT OF ECONOMIC RESEARCH

T. Mostenska, G. Kundieieva

National University of Food Technologies

---

**Key words:**

*Food security  
Individual and public health  
Public health indicators  
Types of health of the population*

**Article history:**

Received 30.09.2014  
Received in revised form  
12.10.2014  
Accepted 25.10.2014

**Corresponding author:**

T. Mostenska

**Email:**

mosten@nuft.edu.ua

---

**ABSTRACT**

The article describes the differentiation of health levels as an economic component of country development and defines the levels of health and its indicators. The modern concept of types of health is presented. The state of health of Ukrainian population during the period of 1990—2013 is characterized and a type of health common to it at present is determined. The issues of health are defined in the context of economic development. The article describes the types of health in terms of food security.

## СУСПІЛЬНЕ ЗДОРОВ'Я ЯК ОБ'ЄКТ ЕКОНОМІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Т.Л. Мостенська, Г.О. Кундєєва

Національний університет харчових технологій

*У статті досліджено диференціацію рівнів здоров'я як економічної складової розвитку країни, визначено рівні здоров'я та його показники. Розглянуто сучасні концепції типів здоров'я. За статистичними даними охарактеризовано здоров'я українського населення за період 1990—2013 рр. та визначено тип здоров'я, притаманний Україні на сучасному етапі. Проблему здоров'я визначено в контексті економічного розвитку країни. Охарактеризовано типи здоров'я з позицій стану продовольчої безпеки.*

**Ключові слова:** продовольча безпека, індивідуальне і суспільне здоров'я, показники суспільного здоров'я, типи здоров'я популяції.

**Вступ.** Право людини на життя і здоров'я є головним серед прав, що захищає держава, оскільки при втраті здоров'я втрачають сенс інші цінності. Аналізуючи відомий вислів Сократа: «Здоров'я — це ще не все, але без здоров'я все — насправді ніщо», ми можемо стверджувати, що найвищу цінність для людини становить тривале здорове життя. Сталою тенденцією соціально-

орієнтованих економік є пропаганда здорового способу життя, збалансованого харчування, фізичної активності, що сприяє скороченню витрат фондів страхування й отриманню позитивного економічного ефекту. Проте недооцінка ресурсу здоров'я людини як об'єкта ринкової економіки є сьогодні гальмівним фактором ефективного розвитку багатьох країн і регіонів.

В Україні, як і в більшості пострадянських країн, склалися «нездорові економіки», тобто здоров'я людини як економічна категорія не є ні об'єктом оцінки, ні критерієм, ні метою розвитку цих країн. Підтвердження цього — вкрай низька тривалість життя громадян вищезазначених країн (60—70 років) порівняно з генетичним потенціалом людини (120—140 років). Зниження показників тривалості життя українців, зростання смертності і зниження народжуваності, насамперед за рахунок пригнічення репродуктивної функції людини, вимагає глибокого наукового дослідження проблем здоров'я населення України.

**Аналіз останніх досліджень.** Аналіз наукових праць, у яких досліджується зміст поняття «здоров'я», свідчить про те, що цьому питанню приділяють увагу такі науки, як медицина, фізіологія, валеологія, демографія, соціологія й економіка. Як економічна категорія здоров'я є складовою теорій: людського потенціалу (У. Джемс, Я. Морено, А. Маслоу, А. Сен); трудового потенціалу (М.М. Крощенко, М.А. Шестаков); людського капіталу (І. Фішер, Г. Беккер, Т. Шульц), капіталу здоров'я (М. Гроссман, Дж. Спратт, Дж. Перейра). Аналізу типів суспільного здоров'я присвячені праці зарубіжних учених А. Омрана, С. Ольшанського, А. Аулта, Б. Прохорова, Ю. Флоринської. Більшість українських вчених (О. Грішнова, В. Гриньова, Т. Костишина, Е. Лібанова, Р. Чорний, Л. Шевчук тощо) розглядають здоров'я в контексті концепції людського капіталу й трудового потенціалу, тоді як тип здоров'я суспільства, насамперед його показники, повинні стати підґрунтям для розробки соціально-економічних заходів щодо розбудови в Україні соціально орієнтованої економіки. Однією із складових зазначеної економіки виступає досягнення продовольчої безпеки як чинника, який значною мірою формує здоров'я нації.

**Мета статті** полягає у визначенні типу суспільного здоров'я, що притаманний сучасній Україні, для розробки певних заходів соціально-економічної політики країни, які спрямовані на забезпечення достатнього рівня харчування. Для виконання зазначеної мети у статті досліджено диференціацію рівнів здоров'я; розкрито показники суспільного здоров'я; розглянуто сучасні концепції типів здоров'я та визначено сучасний тип суспільного здоров'я країни.

**Виклад основного матеріалу.** Природа здоров'я подвійна. З одного боку, здоров'я є природним феноменом, який відображає специфічний стан організму або психіки, що наданий природою. З іншого боку, здоров'я — це штучний феномен, сформований соціальними вимогами суспільства до стану і функціонування організму, тобто соціальний артефакт. Саме на цьому будується диференціація здоров'я за рівнями.

Аналіз наукових праць, присвячених диференціації здоров'я за рівнями, свідчить про відсутність єдиного підходу. Так, вченими виокремлюється шість рівнів здоров'я — від здоров'я окремого індивіда до здоров'я людства загалом. Перший рівень — індивідуальний, який характеризує здоров'я окре-

мої людини. Другий рівень визначається як рівень здоров'я певної групи людей. Третій рівень — рівень здоров'я організації. Четвертий рівень — здоров'я громади. П'ятий рівень — рівень здоров'я країни, шостий — рівень здоров'я усього світу (глобальне здоров'я) [1].

Інші вчені стверджують, що з методологічної точки зору здоров'я слід оцінювати на двох рівнях, які органічно взаємозв'язані між собою, але мають самостійні значення. Так, Н. Рімашевська вважає, що перший рівень — це макрорівень з оцінкою здоров'я популяції, другий — це мікрорівень, що відображає індивідуальні характеристики окремої людини. На думку вченої, «виділення двох рівнів вивчення принципове, оскільки вони мають різні індикатори і об'єкт дослідження та змінюються внаслідок дії різних факторів» [2, с. 36]. Підсумовуючи вищенаведені погляди, можна зазначити, що на думку вчених, необхідно виокремлювати здоров'я на рівні окремої людини та здоров'я на рівні суспільства. Відповідно до зазначеної мети, вважаємо за необхідне дослідити підходи до визначення типу суспільного здоров'я (макрорівень).

Для характеристики здоров'я населення, що проживає на певній території, або сформованої за іншими ознаками великої групи населення використовується поняття «суспільне (популяційне, громадське) здоров'я» [3]. У сучасній літературі поняття «суспільне здоров'я» розглядається, щонайменше, у двох аспектах. З одного боку, суспільне здоров'я — це система наукових і практичних заходів, структур медичного й немедичного характеру, діяльність якої спрямована на реалізацію концепції охорони і зміцнення здоров'я населення, профілактику захворювань і травм, збільшення тривалості активного життя і працездатності. З іншого боку, суспільне здоров'я — це медико-соціальний ресурс і потенціал суспільства, який сприяє забезпеченню національної безпеки країни [4].

Наразі під громадським здоров'ям низка вчених розуміє здоров'я населення, що відображає фізичне, психологічне, соціальне благополуччя людей, які здійснюють свою життєдіяльність у визначених соціальних спільнотах (громадах, країнах, регіонах). Так, Ю.П. Лісцин визначає громадське здоров'я як здоров'я населення, що обумовлене комплексною дією соціальних і біологічних чинників довкілля та залежне від умов громадського життя. Вчений пропонує для оцінювання здоров'я застосовувати соціально-економічні, демографічні показники, характеристики фізичного розвитку, захворюваності та інвалідності і наголошує на визначальному значенні економічного й політичного устрою країни [5]. Тобто дослідник зосереджує увагу на комплексній дії соціальних і біологічних чинників довкілля та економічного і політичного устрою держави.

А.І. Вялков та І.А. Гундаров розуміють під громадським здоров'ям необхідну тривалість життя, адекватну трудову активність і здатність населення забезпечувати відтворення повноцінного потомства. Досліджуючи сутність поняття, вчені відмічають, що суспільство — це безліч окремих індивідів, які водночас знаходяться у взаємодії між собою, утворюючи соціальне ціле, тому, з одного боку, суспільство не може бути здоровим, якщо окремі громадяни хворі, з іншого — навіть якщо всі громадяни здорові, суспільство може вияви-



тися хворим як соціальний організм, коли пошкоджені внутрішні системні залежності, що об'єднують людей в єдине ціле. А.І. Вялков та І.А. Гундаров наводять приклад: якщо населення країни складається з 70 % здорових жінок і 30 % здорових чоловіків, то така гендерна структура є ознакою репродуктивного нездоров'я суспільства [6].

На думку Б.Б. Прохорова, І.В. Горшкової, Д.І. Шмакова і О.В. Тарасової, громадське здоров'я — це основна ознака, основна властивість людської спільноти, природний стан, що відображає індивідуальні адаптаційні реакції кожного члена людської спільноти, і здатність усієї спільноти в конкретних умовах найбільш ефективно здійснювати свої соціальні і біологічні функції. Вчені зазначають, що громадське здоров'я характеризує життєздатність усього суспільства як соціального організму до безперервного гармонійного росту та соціально-економічного розвитку. «Рівень громадського здоров'я служить найбільш яскравим і всеосяжним показником умов життя і водночас залежить від них. Популяційне здоров'я не є щось застигле, стаціонарне — це процес, що постійно змінюється» [7, с. 9].

Підсумовуючи вищевикладене, варто зазначити, що громадське здоров'я — це сукупність властивостей людської спільноти, яка проживає на означеній території, причому ця сукупність властивостей дозволяє не лише здійснювати соціальні, економічні та політичні функції, але й відтворювати та виховувати майбутні здорові покоління.

У різних країнах світу стан громадського здоров'я помітно відрізняється. Для оцінювання стану громадського здоров'я донедавна використовували: демографічні показники, рівень інвалідності, рівень фізичного розвитку, захворюваність, тимчасову непрацездатність, смертність населення тощо. Однак ці показники оцінюють тільки фізичний аспект громадського здоров'я і характеризують більшою мірою суспільне нездоров'я, ніж здоров'я. Експерти ВООЗ, спираючись на визначення показника здоров'я як характеристики, що підлягає вимірюванню (прямо або опосередковано) і може використовуватися для опису одного або більше аспектів здоров'я населення [8, с. 14], запропонували такі індикатори громадського здоров'я: імовірна середня тривалість здорового життя при народженні; відсоток ВВП на охорону здоров'я; доступність первинної медичної допомоги; забезпеченість населення гідним водопостачанням; відсоток осіб, які піддані імунізації від інфекційних захворювань; стан харчування дітей; рівень освіченості дорослого населення; частка ВВП на душу населення [9]. Перераховані показники не лише визначають стан здоров'я населення, але й характеризують рівень соціально-економічного розвитку країни в цілому, міру медичної обізнаності населення, рівень і якість організації медичної допомоги.

Без сумніву, економічне зростання держави і підвищення індивідуального матеріального статку населення країни, вдосконалення соціальної інфраструктури й організації медичної допомоги призводять до зниження показників смертності і збільшення середньої тривалості майбутнього життя. Зростання тривалості життя людей та історична «модернізація» смертності — це об'єкти дослідження таких учених, як Ю. Флорінська, Б. Прохоров, А. Омрана, С. Ольшанського і А. Аулта [10, 7, 11, 12].

А. Омраном у 1971 р. запропонована концепція епідеміологічного переходу, основою якої є еволюція смертності в європейських країнах. Учений виділив три етапи епідеміологічного переходу:

- період епідемій і голоду, який характеризується високим рівнем і значними коливаннями смертності. В цей період середня тривалість життя знаходиться на низькому рівні і коливається від 20 до 40 років;

- період пандемії, що дедалі знижується. Цей період характеризується поступовим зниженням смертності, причому темпи зниження стають суттєвими в міру того, як піки епідемій стають рідкими. Середня тривалість життя неухильно зростає із 30 до 50 років;

- період дегенеративних і професійних захворювань, що характеризується подальшим зниженням смертності, яка стабілізується на порівняно низькому рівні [11].

У 1986 р. С. Ольшанський і А. Аулт розширили теорію епідеміологічного переходу, додавши четвертий період, на якому, на думку вчених, і знаходиться населення постіндустріальних країн. Четвертий період — період відкладених (або відстрочених) дегенеративних захворювань, для якого актуальними залишаються ті самі захворювання, що визначали третю стадію епідеміологічного переходу, але смерть від них настає у набагато старшому віці. Як наслідок, очікувана тривалість життя при народженні продовжує зростати, хоча і не так істотно, як на ранніх стадіях епідеміологічного переходу [12].

Історичний екскурс стосовно зміни тривалості життя з визначенням різних типів здоров'я здійснений у працях Ю.Ф. Флорінської та Б.Б. Прохорова [10, 7]. Проведена класифікація за цивілізаційною ознакою дозволила виділити п'ять типів суспільного здоров'я, які послідовно змінюють один одного: примітивний, постпримітивний, квазімодерний, модерний і постмодерний.

Примітивний — просте виживання популяції під постійною загрозою насильницької смерті. Цей тип здоров'я характерний для груп людей, які жили в умовах присвоювальної економіки (мисливці, збирачі, рибалки). Середня тривалість життя населення перебувала в межах 20—22 років, а дитяча смертність у цей період можна оцінити на рівні 500 і більше немовлят на 1000 новонароджених.

Постпримітивний — порівняно коротке життя більшості населення з високою ймовірністю передчасної смерті від періодично виникаючих епідемій гострозаразних хвороб і несприятливого перебігу соматичних захворювань. Названий тип популяційного здоров'я домінував у спільнотах людей докапіталістичних періодів, господарську основу яких складала аграрна економіка. Тривалість життя коливалася в межах від 20 до 30 років, а смертність малюків досягала 200 і більше на 1000 новонароджених.

Квазімодерний — більш тривале життя більшості населення за умов передчасної підвищеної смертності частини молоді та людей допенсійного віку від серцево-судинних і онкологічних захворювань, нещасних випадків, отруєнь і травм. Такий тип здоров'я характерний для індустріально-аграрного етапу світової цивілізації. Середня тривалість життя — на рівні 60—68 років, а дитяча смертність знаходиться в межах 20—30 немовлят на 1000 новонароджених.

Модерний, або сучасний тип здоров'я населення економічно розвинутих країн — тривале життя більшості населення з ефективною працездатністю і здоровою старістю. Серед основних причин смерті — серцево-судинні та онкологічні захворювання, смертність від яких, завдяки успіхам медицини, відсунута на літній вік. Тривалість життя — 75—80 років, а смертність маляків не перевищує 8—10 випадків на 1000 новонароджених.

Постмодерний — повноцінне активне життя всієї популяції. Поява цього типу відбувається у країнах постіндустріального етапу цивілізації. Середня тривалість життя населення — не нижче 82—85 років, а дитяча смертність не перевищує 5 немовлят на 1000 новонароджених.

Аналізуючи два підходи до обґрунтування змін типів суспільного здоров'я, ми надаємо перевагу класифікації типу суспільного здоров'я за цивілізаційною ознакою. Вона має декілька показників і встановлені межі критеріїв щодо диференціації типів суспільного здоров'я. Саме тому варто скористатися даним підходом при визначенні типу здоров'я населення країни.

Для визначення типу здоров'я, притаманного сучасному етапу розвитку України, нами проведений аналіз динаміки природного приросту/скорочення населення, дитячої смертності, тривалості життя населення та захворювань.

Аналіз природного приросту/скорочення населення в Україні свідчить про тяжку тенденцію скорочення населення країни, починаючи з 1991 р. (табл. 1). Найбільше природне скорочення населення України відбулося протягом 2001—2002 рр. та у 2005 р. і становило 7,6 осіб на 1000 наявного населення. Мінімальне природне скорочення населення за ці роки спостерігалось у 2012 р. — на рівні 3,1 особи на 1000 наявного населення.

Така динаміка дозволяє зробити висновок про існування певного часового лагу між впливом економічних і політичних факторів та тривалістю життя.

**Таблиця 1. Динаміка природного приросту/скорочення населення України за роки незалежності (на 1000 наявного населення), розраховано авторами на основі [13]**

Роки	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Кількість народжених на 1000 наявного населення	12,6	12,1	11,4	10,7	10	9,6	9,2	8,7	8,4	7,8	7,8	7,7	8,1	8,5	9	9	9,8	10,2	11	11,1	10,8	11	11,4	11,1
Кількість померлих на 1000 наявного населення	12,1	12,9	13,4	14,2	14,7	15,4	15,2	14,9	14,4	14,9	15,4	15,3	15,7	16	16	16,6	16,2	16,4	16,3	15,3	15,2	14,5	14,5	14,6
Природний приріст/скорочення населення	0,5	-8	-2	-2,5	-4,7	-5,8	-6	-6,2	-6	-7,1	-7,6	-7,6	-7,6	-7,5	-7	-7,6	-6,4	-6,2	-5,3	-4,2	-4,4	-3,5	-3,1	-3,5

Аналізуючи динаміку смертності дітей за 1990—2013 рр., можна зробити висновок про існування двох ділянок значного зростання дитячої смертності: перша ділянка — значне зростання смертності з 12,8 дітей на 1000 новонароджених у 1990 р. до 14,7 дітей у 1995 р., друга ділянка — зростання смертності до 11 дітей на 1000 новонароджених у 2007 році. Якщо перше зростан-

ня можна пов'язати з трансформаційною кризою, яка погіршила майновий стан багатьох українців, то зростання дитячої смертності у 2007 р. (майже найкращі економічні результати країни за період незалежності) пояснити тільки економічними факторами неможливо (рис. 1).

Відповідно до значень показника дитячої смертності, можна зазначити, що протягом 2003—2013 рр. (за винятком 2007 р.) для країни був притаманний модерний тип суспільного здоров'я.



**Рис. 1.** Динаміка дитячої смертності на 1000 новонароджених в Україні за роки незалежності, побудовано авторами на основі [13]

Проте необхідно зазначити, що в Україні спостерігається високий рівень захворюваності серед дітей і підлітків. За період навчання у школі кількість здорових дітей з першого до одинадцятого класу зменшується у 3—4 рази [14].

Аналіз статистичних даних тривалості життя свідчить про те, що протягом 1990—1991 рр. середня тривалість життя чоловіків і жінок в Україні складала 69,3 року. У період з 1995 р. по 1996 р. тривалість життя зменшувалася, досягнувши показника 66,9 року, але з 1997 р. спостерігається тенденція до збільшення тривалості життя до 71,37 року в 2013 році. Причому середня тривалість життя українських чоловіків за роки незалежності складає близько 63,25 років, а жінок — 74,15 років (рис. 2).

Аналізуючи дані показники, автори підкреслюють, що віковий поріг смертності квазімодерного типу суспільного здоров'я, особливо для жінок, подолано. Починаючи з 2009—2010 рр., середня тривалість життя жінок перевищує позначку в 75 років. Проте очікувана тривалість життя при народженні в Україні у період з 1990 р. по 2012 р. зменшилася на один рік. Цей показник становив у 2012 р. 68,8 року порівняно з 69,8 року в 1990 р. [15].

Імовірність для України затриматися в квазімодерному типі є досить великою. Ця теза підтверджується тим, що при скороченні чисельності українців за роки незалежності з 52 до 45,5 мільйона осіб, третину від померлих склали люди допенсійного віку. Тенденція зростання смертності серед населення працездатного віку зберігається, про що свідчать результати дослідження основних причин високої смертності в Україні. Серед українського населення спостерігається високий ризик смертності в ранньому віці — майже половина

дорослого населення, переважно молодь, страждає від одного чи декількох хронічних захворювань [16, с. 7].

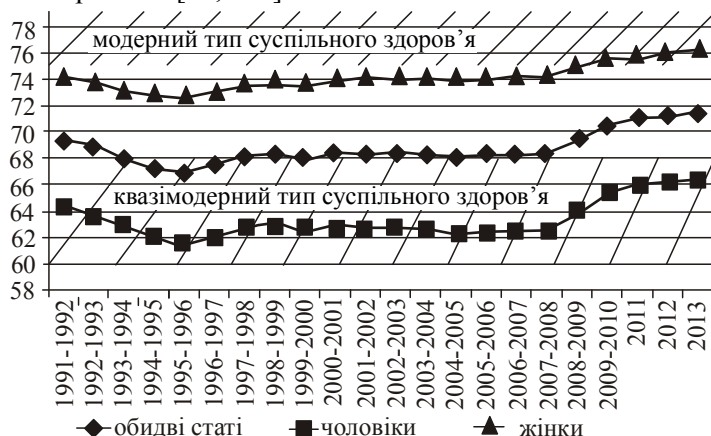


Рис. 2. Динаміка тривалості життя в Україні за період 1990—2013 рр.

Загальна смертність населення та смертність через окремі причини в Україні вдвічі перевищують відповідні показники країн Європейського Союзу. Надзвичайно високою є смертність осіб працездатного віку, яка у 2—4 рази вища, ніж в економічно розвинених країнах. Лише через передчасну смертність населення щороку втрачається приблизно 4 млн років потенційного життя, відповідно обсяг недовиробленого національного продукту становить від 47,9 до 89,1 млрд гривень [17].

Проведений аналіз смертності від захворювань (рис. 3) свідчить про те, що 67,6 % смертельних випадків припадає на смертність від серцево-судинних захворювань, на другому місці — онкологічні захворювання (14,3 %), що при невисокій тривалості життя відповідає квазімодерному типу суспільного здоров'я.

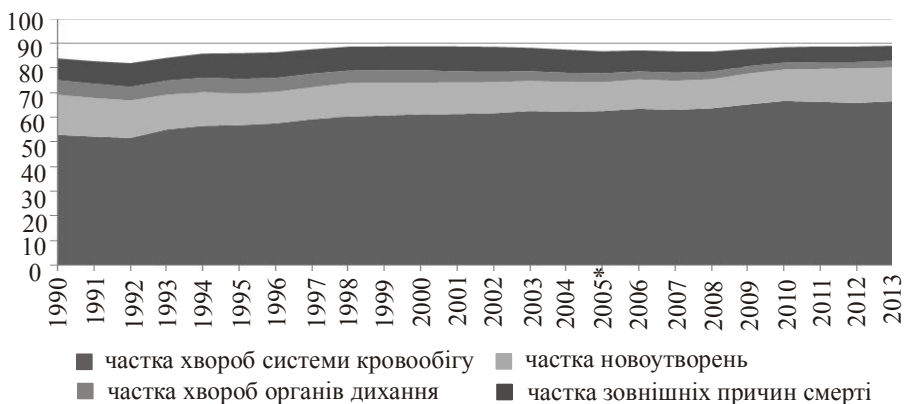


Рис. 3. Динаміка смертності в Україні протягом 1990—2012 рр., побудовано авторами на основі [13]

Підсумовуючи одержані результати дослідження сучасного стану здоров'я населення країни, слід підкреслити, що стратегічними цілями розвитку

України повинні бути: зниження смертності, збільшення тривалості життя людей і зростання народжуваності. Одним із основних чинників впливу на здоров'я нації є рівень досягнення продовольчої безпеки країни та безпеки харчування людини.

### Висновки

Отже, проведений аналіз наукової літератури надає можливість розглядати здоров'я з позиції: блага, виробничого ресурсу, капіталу. В Україні саме здоров'я населення повинно стати основою економічного зростання країни, з іншого боку, економічне зростання повинне призвести до зростання добробуту населення та покращення показників здоров'я. Проте в покращенні показників здоров'я повинні бути зацікавлені як держава, так і окремі громадяни. Необхідною є зміна парадигми соціальної політики держави для того, щоб в українському суспільстві почало зростати розуміння цінності людини та її здоров'я. Так, нова стратегія повинна бути спрямована на: вдосконалення інформації про здоров'я та здоровий спосіб життя; швидке реагування на головні загрози здоров'ю людини; розробку «детермінантів» здоров'я, що дозволяє нейтралізувати дію негативних для здоров'я факторів; досягнення продовольчої безпеки як на рівні країни, так і окремого домогосподарства. Саме ці проблеми можуть бути об'єктом досліджень у майбутньому.

### Література

1. *Сучасні підходи у сфері охорони громадського здоров'я та його популяризації /* упоряд. Н.В. Зимівець, В.В. Крушельницький, Т.І. Мірошніченко; за заг. ред. І.Д. Звереві. — К.: Наук. світ, 2004. — 95 с.
2. *Здоровье и здравоохранение в гендерном измерении /* под. общ. ред. Н.М. Римашевской. — М.: Социальный проект, 2007. — 204 с.
3. *Население и трудовые ресурсы: справочник /* сост. А.Г. Новицкий. — М.: Мысль, 2002. — 402 с.
4. *Калинина Т.В.* Качество жизни населения как важнейшая составляющая общественного здоровья // *Медицина.* — 2008. — № 4. — С. 7—9.
5. *Лисицын Ю.П.* Общественное здоровье и здравоохранение [Текст]. — М.: ГЭОТАР-Медиа, 2009. — 512 с.
6. *Управление и экономика здравоохранения /* Под ред. А.И. Вялкова [Текст]. — М.: ГЭОТАР-МЕД, 2002. — 328 с.
7. *Прохоров Б.Б., Горшкова И.В., Шмаков Д.И., Тарасова Е.В.* Общественное здоровье и экономика / Под отв. ред. Б.Б. Прохорова [Текст]. — М.: МАКС Пресс, 2007. — 292 с.
8. *Глоссарий терминов по вопросам укрепления здоровья.* Всемирная организация здоровья. — Женева, 1998. — 48 с.
9. *Зимівець Н.В.* Категорія здоров'я в контексті концепції сприяння покращенню здоров'я // *Освіта Донбасу.* — 2010. — № 6 (143) — С. 109—115.
10. *Флоринская Ю.Ф.* Качество жизни и здоровье населения. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://bio.1september.ru>.
11. *Омран А.* Эпидемиологический аспект теории естественного движения населения // *Проблемы народонаселения. О демографических проблемах стран Запада.* — М., 1977. — С. 57—91.

12. *Olshansky S.J., Ault A.B.* The fourth stage of the epidemiologic transition: the age of delayed degenerative diseases. — *Milbank Quarterly*. — 1986. — Vol. 4, # 3.

13. *Официальный сайт* [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.ukrstat.gov.ua>.

14. *Официальный сайт* [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://censor.net.ua>.

15. *Human Development Report 2013*. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.objectiv.tv>.

16. *Основні причини високого рівня смертності в Україні*. — К.: ВЕРСО-04, 2010. — 60 с.

17. *Официальный сайт* [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://w1.c1.rada.gov.ua>.

## **ОБЩЕСТВЕННОЕ ЗДОРОВЬЕ КАК ОБЪЕКТ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

**Т.Л. Мостенская, Г.А. Кундеева**

*Национальный университет пищевых технологий*

*В статье исследована дифференциация уровней здоровья как экономической составляющей развития страны, определены уровни здоровья и его показатели. Рассмотрены современные концепции типов здоровья. Охарактеризовано здоровье украинского населения за период 1990—2013 гг. и определен тип здоровья, присущий Украине на современном этапе. Проблема здоровья определяется в контексте экономического развития страны. Охарактеризованы типы здоровья с точки зрения продовольственной безопасности.*

**Ключевые слова:** *продовольственная безопасность, индивидуальное и общественное здоровье, показатели общественного здоровья, типы здоровья популяции.*

## TRENDS OF PRODUCTION AND USE OF BIOETHANOL IN THE EUROPEAN UNION

N. Kotkova

*Institute of Food Resources NAAS of Ukraine*

---

**Key words:**

*Biofuel  
Ethanol  
Fuel ethanol consumption  
Imports of fuel ethanol  
Production capacity of the main producers of bioethanol*

---

**Article history:**

Received 30.09.2014  
Received in revised form 12.10.2014  
Accepted 25.10.2014

---

**Corresponding author:**

N. Kotkova  
**Email:**  
nataly\_393@mail.ru

---

**ABSTRACT**

The paper investigates current trends of bioethanol market in the European Union. It is revealed that in 2011—2013 there was a general decline in world production of ethanol fuel by 0.18 %. Currently, most of the ethanol is produced from corn (in the US) and sugarcane (in Brazil). Despite the 6.79 % reduction in the use of biofuels in transport sector of the European Union, the production of ethanol fuel is growing. By 2020, gasoline will remain cheaper, but ethanol has a huge growth potential as more environmentally friendly and renewable energy source.

## ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ ВИРОБНИЦТВА І ВИКОРИСТАННЯ БІОЕТАНОЛУ В ЄВРОПЕЙСЬКОМУ СОЮЗІ

Н.С. Коткова

*Інститут продовольчих ресурсів НААН України*

*У статті досліджено сучасні тенденції розвитку ринку біоетанолу в Європейському Союзі. Виявлено, що протягом 2011—2013 рр. спостерігалось загальне зниження світового виробництва паливного етанолу на 0,18 %. Незважаючи на зменшення споживання біопалива в транспортній сфері Європейського Союзу приблизно на 6,79 %, виробництво паливного етанолу має тенденцію до зростання, хоча до 2020 р. бензин залишиться більш дешевим паливом.*

**Ключові слова:** *біопаливо, біоетанол, споживання паливного етанолу, імпорт паливного етанолу, виробнича потужність основних виробників біоетанолу.*

**Вступ.** Біоетанол — звичайний етанол, який отримують у процесі переробки рослинної сировини для використання як біопалива. Сировиною для



виробництва біоетанолу можуть бути різні культури з великим вмістом біоетанолу або цукру: маніок, картопля, цукровий буряк, батат, сорго, а також пшениця та ячмінь.

Найбільш вигідні позиції на ринку біоетанолу займає Бразилія, де біоетанол виробляється з мінімальними витратами. Крім того, на виробництво етанолу в Бразилії витрачається менше енергетичних витрат, оскільки багаса — основний побічний продукт переробки цукрового очерету — використовується для спалювання як паливо. І навпаки, підприємства з переробки в Європі і США, як правило, платять за паливо, а побічні продукти процесів виробництва етанолу і біодизелю найчастіше продають на корм тваринам.

Етанол може змішуватися з бензином або спалюватися в чистому вигляді в декількох модифікованих двигунах з іскровим запалюванням. Літр етанолу містить приблизно 66 % енергії, що забезпечується літром бензину, але має більш високе октанове число і, при змішуванні з бензином для використання в транспортних засобах, покращує його показники. Крім того, біоетанол покращує згоряння палива в автомобілях, зменшуючи викиди окису вуглецю, незгорілих вуглеводнів і канцерогенів. Однак спалювання етанолу також викликає більш активну реакцію з азотом в атмосфері, що може призвести до незначного збільшення газоподібних окислів азоту. Порівняно з бензином етанол містить лише слідові кількості сірки. Таким чином, змішування етанолу з бензином сприяє зменшенню вмісту сірки в паливі і знижує викиди оксидів сірки. Крім того, виробництво паливного етанолу в країнах Європейського Союзу (ЄС) створює додатковий попит на сільськогосподарські культури.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Питання розвитку ринку біоетанолу досліджують такі вчені: Г.М. Калетнік, Г.І. Кизюн, С.А. Олійник, О.І. Присяжнюк, В.М.Сосницький, І.А. Шевченко, П.В. Шиян, О.М. Шпичак та інші. Проте тенденції розвитку виробництва та використання біоетанолу в ЄС досліджені недостатньо і потребують подальшого наукового супроводу.

**Метою статті** є дослідження тенденцій розвитку виробництва та використання біоетанолу в ЄС.

**Методологічною та інформаційною основою** дослідження є наукові праці вітчизняних і зарубіжних дослідників, матеріали періодичних видань, Internet-ресурси та аналітичні матеріали розвитку ринку біоетанолу в ЄС.

**Виклад основних результатів дослідження.** Широке використання біоетанолу як заміни викопного палива відбувається протягом багатьох років. Приблизно з 104,0 млн м<sup>3</sup> етанолу, виробленого у світі в 2013 р., більше 80 % (87,2 млн м<sup>3</sup>) було використано в сумішах з паливом. Світові лідери з виробництва біоетанолу — США та Бразилія. Їхня частка в структурі світового виробництва паливного етанолу у 2013 р. становила 58,59 % та 27,61 % відповідно (табл. 1).

У США біоетанол в основному використовується у вигляді 10-відсоткової добавки до бензину. У Бразилії пропонується як чисте паливо (E100), а також змішується зі звичайним бензином із вмістом від 20 до 25 об %. Приблизно 90 % нових зареєстрованих автомобілів у Бразилії — «гнучкі паливні транспортні засоби», що можуть працювати на регулярному бензині, біоетанолі або їх суміші.

Незважаючи на загальне зниження світового виробництва паливного етанолу в 2013 р., виробництво паливного етанолу в Європі збільшилося на 0,06 % (або на 13 млн галонів): з 1 139 млн галонів (4 620 млн л) у 2012 р. до 1 371 млн галонів (5 190 млн л) у 2013 р. (табл. 2).

*Таблиця 1. Світове виробництво паливного етанолу в 2013 році, сформовано з використанням [6]*

Континент	Виробництво, млн галонів <sup>1</sup>	Частка окремого континенту у виробництві паливного етанолу, %
Сполучені Штати Америки	13 300	58,59
Бразилія	6 267	27,61
Європа	1 371	6,04
Китай	696	3,07
Індія	545	2,40
Решта світу	523	2,30
<b>Всього у світі</b>	<b>22 702</b>	<b>100,00</b>

<sup>1</sup> американський галон = 3,78541178 літрів

*Таблиця 2. Паливний етанол у Європейському Союзі, розроблено з використанням [3]*

Календарний рік	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014 <sup>пр.</sup>
Початкові запаси паливного етанолу, млн л	63	121	493	839	588	407	479	207	115
Виробництво паливного етанолу, млн л / темп приросту порівняно з попереднім періодом, %	1608	1803/ 12,13	2816/ 56,18	3553/ 26,17	4268/ 20,12	4392/ 2,91	4620/ 5,19	5190/ 12,34	5380/ 3,66
Експорт паливного етанолу, млн л / темп приросту порівняно з попереднім періодом, %	53	56/ 5,66	62/10,71	100/61,2 9	76/ -24,00	99/30,2 6	86/ -13,13	82/-4,65	75/-8,54
Імпорт паливного етанолу, млн л / темп приросту порівняно з попереднім періодом, %	228	1000/ 338,60	1101/10, 10	899/ -18,35	880/ -2,11	1285/46 ,02	827/ -35,64	500/ -39,54	500
Споживання паливного етанолу, млн л / темп приросту порівняно з попереднім періодом, %	1725	2375/ 37,68	3509/ 47,75	4603/ 31,18	5253/ 14,12	5506/ 4,82	5633/ 2,31	5700/ 1,19	5760/ 1,05
Виробнича потужність, млн л / темп приросту порівняно з попереднім періодом, %	2066	3458/ 67,38	5138/ 48,58	6234/ 21,33	7570/ 21,43	7759/ 2,50	8468/ 9,14	8481/ 0,15	8481
Використання виробничої потужності, %	78	52	55	57	56	57	55	61	63

<sup>пр.</sup> — прогнозне значення EC FAS Posts

Коефіцієнт використання виробничих потужностей протягом досліджуваного періоду мав тенденцію до зниження: з 78 % — у 2006 р. до 63 % — у 2013 році. Причинами недовикористання виробничих потужностей підприємств були високі ціни на зернові культури на європейському ринку і активний импорт біопалива з Бразилії і США.

Згідно з доповненням до Додатку I-A угоди «Про асоціацію між Україною та Європейським Союзом і його державами-членами» «А. Індикативна сукупність тарифних квот для імпорту в Європейський Союз», в Україні тарифна квота для імпорту паливного етанолу в ЄС становить 27 000 т/рік з поступовим збільшенням протягом 5 років до 100 000 т/рік. При потребі ЄС в паливному етанолі в розмірі 500 млн л (або 400 тис. т), тарифна квота покриває лише 6,75 % усього імпортованого біоетанолу ЄС. Доведена тарифна квота до 100 000 т/рік при імпорті біоетанолу ЄС в розмірі 400 тис. т в рік дозволить покрити 25 % імпорту паливного етанолу в ЄС.

Нормативними документами, що регулюють ринок біопалива в ЄС, є: Директива 2003/30/ЄС від 8 травня 2003 року про сприяння використанню біопалива або інших відновлюваних видів палива для транспортних засобів, Директива «Клімат ЄС», Енергетичний пакт (2009/147) та Директива з якості палива (2009/30). Пакет включає в себе обов'язкові цілі «20/20/20» до 2020 р., однією з яких є 20-відсоткова частка поновлюваних джерел енергії в загальному енергобалансі ЄС.

Біопаливо повинно відповідати певним критеріям. У Директиві з відновлюваної енергії (Renewable Energy Directive 2009/28/ЄС, RED) викладено специфічні вимоги стійкості. До них відносяться максимальне скорочення викидів парникових газів (Greenhouse Gas Emissions, GHG), використання земельних ресурсів, екологічні, економічні та соціальні критерії, а також відповідність конвенціям Міжнародної організації праці.

У жовтні 2012 р. Європейська комісія (ЄК) опублікувала пропозицію щодо непрямой зміни землекористування (Indirect Land Use Change, ILUC). Пропозиція спрямована на перехід від традиційних видів біопалива на біопаливо, виготовлене з нехарчової сировини, що буде здійснюватись шляхом встановлення верхнього обмеження і поступової відмови від державної підтримки виробництва біопалива першого покоління після 2020 р., встановлення необхідних вимог викидів парникових газів, принаймні 60 % для нових установок, а також встановлення нових значень виділення ILUC.

Потужності з виробництва біоетанолу збільшуються приблизно з 2,1 млн л в 2006 р. до 8,5 млн л в 2014 році. Більшість виробничих потужностей встановлені в країнах Бенілюксу (Бельгія, Нідерланди та Люксембург), Німеччині, Франції, Іспанії і Великій Британії (табл. 3). Зростання виробництва прогнозується в основному в країнах Бенілюксу, Великій Британії, Іспанії і Німеччині. Виробництво у Франції та Польщі залишиться на колишньому рівні (табл. 4). Слід зазначити, що темпи приросту виробництва біоетанолу в ЄС знижуються порівняно з 2007—2010 роками.

Порти в регіоні Бенілюкс забезпечують легкий доступ до сировини та слугують центром для логістики викопного палива, що робить його стратегічним місцем для змішування біопалива і подальшого використання. У Великій Британії всі заводи розташовані на східному узбережжі Англії в безпосередній близькості від глибоководних портів. Виробництво біоетанолу у Великій Британії ще не досягло максимальної потужності у зв'язку з технічними стартовими проблемами, невідповідним зберіганням пшениці і депресії внутрішніх цін біоетанолу. Протягом 2013—2014 рр. виробництво біоетанолу в Німеччині

передбачається відновити після падіння в 2010—2011 рр., спричиненого використанням у німецькій промисловості обширного імпорту з США Е90 і ЕТБЕ (етилловий ефір трет-бутил ефір).

*Таблиця 3. Виробнича потужність основних виробників біоетанолу в Європі в 2013 р., млн л [2]*

Компанії	Країни	Розташування заводів	Виробнича потужність в 2013 р., млн л	Сировина, що використовується у виробництві
Abengoa Bioenergy	Іспанія	Іспанія (4), Нідерланди (1), Франція (1)	1281	Ячмінь, пшениця, крупи, спирт-сирець, кукурудза, лігноцелюлоза
Tereos	Франція	Франція (6), Чехія (3), Бельгія (1), Велика Британія (1)	1260	Патока, цукрові буряки, зернові, пшениця
CropEnergies	Німеччина	Німеччина (1), Бельгія (1), Франція (1), Велика Британія (1)	1200	Патока, цукрові буряки, пшениця
Cristanol	Франція	Франція (4)	550	Патока, цукровий буряк, глюкоза, спирт-сирець
Vivegro	Велика Британія	Велика Британія (1)	420	Пшениця
Agrana	Австрія	Австрія (1), Угорщина (1)	400	Пшениця, кукурудза
Verbio	Німеччина	Німеччина (2)	340	Патока, крупи
Agroetanol	Швеція	Швеція (1), Чехія (1)	210	Крупи

У Франції виробництво біоетанолу має стабілізуватися після значного зниження в 2011—2012 роках. У виробництві біоетанолу в Центральній і Південно-Східній Європі очікується стагнація, за винятком Угорщини, де відкрито новий завод з виробництва біоетанолу. Цей завод буде виробляти щорічно 200 млн л і протягом перших двох років в основному постачатиме етанол на експорт.

Тоді як заводи в Сполучених Штатах і Бразилії знаходяться переважно в регіонах виробництва сировини і зосереджені на одному з видів сировини, заводи в ЄС часто розташовані поблизу кінцевого ринку і спроектовані на використання різноманітної рослинної сировини. В ЄС біоетанол в основному виробляється з похідних пшениці, кукурудзи, ячменю, жита, і цукрового буряку.

Пшениця як основна сировина при виробництві біоетанолу використовується в Північно-Західній Європі, тоді як кукурудза використовується переважно в Центральній Європі та Іспанії. Коли внутрішня пропозиція пшениці в ЄС щільна, виробники в Північно-Західній Європі зазвичай переорієнтовуються на імпорту кукурудзу. Жито використовується для виробництва біоетанолу в Польщі, Балтійському регіоні і Німеччині, тоді як ячмінь в основному використовується у Німеччині та Іспанії. В Італії близько 30 % біоетанолу виробляється з винних побічних продуктів і близько 10 % безпосередньо з вина. У Північно-Західній Європі та Чехії використовується також цукровий буряк.

*Таблиця 4. Основні виробники паливного етанолу в ЄС, розроблено з використанням [3]*

Календарний рік	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014 <sup>пр</sup>
Країни Бенілюкс, млн л / темп приросту порівняно з попереднім періодом, %	33	73/121,21	220/201,37	415/88,64	675/62,65	873/29,33	1089/24,74	1114/2,30
Німеччина, млн л / темп приросту порівняно з попереднім періодом, %	397	580/46,10	752/29,66	765/1,73	730/-4,58	776/6,30	823/6,06	823
Франція, млн л / темп приросту порівняно з попереднім періодом, %	539	746/38,40	906/21,45	942/3,97	846/-10,19	759/-10,28	759	759
Іспанія, млн л / темп приросту порівняно з попереднім періодом, %	359	346/-3,62	465/34,39	471/1,29	462/-1,91	381/-17,53	450/18,11	462/2,67
Велика Британія, млн л / темп приросту порівняно з попереднім періодом, %	44	70/59,09	70/x	278/297,14	427/53,60	253/-40,75	280/10,67	443/58,21
Австрія, млн л / темп приросту порівняно з попереднім періодом, %	15	89/493,33	175/96,63	199/13,71	216/8,54	228/5,56	230/0,88	230
Польща, млн л / темп приросту порівняно з попереднім періодом, %	120	114/-5,00	165/44,74	194/17,58	167/-13,92	211/26,35	215/1,90	228/6,05
Інші країни, млн л / темп приросту порівняно з попереднім періодом, %	296	798/169,59	800/0,25	1004/25,50	869/-13,45	1139/31,07	1296/13,78	1321/1,93
ВСЬОГО, млн л / темп приросту порівняно з попереднім періодом, %	1803	2816/56,18	3553/26,17	4268/20,12	4392/2,91	4620/5,19	5190/12,34	5380/3,66

<sup>пр</sup> — прогнозне значення EC FAS Posts

Під час сезону високих цін на зерно похідні цукрових буряків (в основному цукрової сироп, патока) є сприятливою сировиною для виробництва біоетанолу. В 2012/2013 маркетинговому році, коли ціни на зернові значно збільшились, виробництво біоетанолу з патоки зросло. Це було пов'язано з наявністю великих запасів в ЄС цукру власної квоти. В 2013 р. необхідна сировина для виробництва біоетанолу в ЄС (5190 млн л біоетанолу) оцінювалась майже в 10,6 ММТ (мільйона метричних тонн) зернових і 9,5 млн т цукрових буряків. Це приблизно 3,7 % від загального обсягу виробництва зернових в ЄС і 7,7 % від загального виробництва цукрових буряків. Побічними продуктами у виробництві біоетанолу є очищені сушені гранули (DDG), пшенична клейковина і дріжджові концентрати. У 2013 р. максимальне теоретичне виробництво побічних продуктів досягло 3,3 млн т (приблизно 2,0 % від повного споживання фуражного зерна в ЄС).

Споживання біопалива в транспортній сфері Європейського Союзу знизлося в 2013 р. приблизно на 6,79 %: з 14,6 т нафтового еквівалента (ТНЕ) до 13,6 ТНЕ<sup>3</sup> (табл. 5). Слід зазначити, що зниження використання біопалива як

транспортного пального країнами ЄС протягом 2012—2013 рр. є першим падінням споживання з початку промислової експансії біопалива. Промислова експансія розпочалася з реалізації директиви біопалива 2003/30/ЄС, прийнятої 8 травня 2003 року. Директивою вперше було встановлено кількісні цілі для споживання біопалива, а саме 2 % в 2005 р. і 5,75 % в 2010 році.

*Таблиця 5. Динаміка використання біопалива як транспортного пального країнами Європейського Союзу протягом 2012—2013 рр., розроблено з використанням [2]*

Вид палива		2012 рік	2013 рік	+/-, Δ	Темп приросту (спад) в 2013 р. порівняно з 2012 р., %
Біоетанол	ТНЕ	2 801 027	2 715 685	-85 342	-3,05
	% до загального споживання	19,17	19,95	0,78	х
Біодизель	ТНЕ	11 660 993	10 750 984	-910 009	-7,80
	% до загального споживання	79,83	78,96	-0,87	х
Біогаз	ТНЕ	112 843	121 062	8219	7,28
	% до загального споживання	0,77	0,89	0,12	х
Інші види біопалива, ТНЕ		33 018	27 656	-5 362	-16,24
Загальне споживання, ТНЕ		14 607 881	13 615 384	-992 497	-6,79

Проте при порівнянні споживання між різними типами біопалива в межах Європейського Союзу (на основі вмісту енергії, а не об'єму) споживання біоетанолу знаходиться на підйомі. Його частка на ринку в прямих сумішах з бензином або при перетворенні в етил-трет-бутиловий ефір (ЕТБЕ), зросла з 19,17 % у 2012 р. до 19,95 % в 2013 р. (табл. 3). Тоді як частка біодизелю зменшилась майже на один процентний пункт: з 79,83 % у 2012 р. до 78,96 % в 2013 р., споживання інших типів біопалива залишається стабільним — на рівні 1,1 % (в основному представлено паливом з біогазу) — 121,1 кілотонни нафтового еквівалента або 0,89 % в 2013 р. (використовується в Німеччині, Швеції та Фінляндії).

У 2013 р. використання органічного біодизелю як транспортного пального знижувалося швидшими темпами (– 7,80 %), ніж органічного біоетанолу (– 3,05 %).

Протягом 2013—2014 рр. розширення ринку органічних біопалив прогнозується у Великій Британії та Німеччині, в інших країнах ЄС залишиться або на колишньому рівні (Франція, Іспанія та Італія), або незначно розшириться (країни Бенілюксу та Швеція).

Спад споживання біопалива першого покоління у Франції протягом 2012—2013 рр. з 814,48 млн л до 768,63 млн л можна пояснити скороченням внутрішнього та європейського стимулювання. Найбільш впливовими стимуляторами використання біопалива є екологічний податок на суміші, а також нафтові податкові знижки. Французький міністр сільського господарства у вересні 2012 р. оголосив про скасування суспільної підтримки для першого покоління біопалива, що мала діяти протягом 2014—2015 рр. відповідно до національного плану дій. В Іспанії спостерігалось зниження споживання біоетанолу в 2013 р. на 10,52 % в результаті остаточного звільнення від податків на біопаливо та переглядом норм споживання.

У зв'язку з меншим споживанням бензину і зниженням стимулювання його виробництва очікується незначне зростання споживання біоетанолу в ЄС — від 5,63 млрд л в 2012 р. до 5,76 млрд л у 2014 році. Профіцит буде можливий в країнах Бенілюксу, в окремих країнах Центральної Європи, зокрема, в Угорщині та Австрії. Прогнозується, що у 2014 р. ринки біопалива Франції та Іспанії будуть самодостатніми, очікується дефіцит біопалива на ринках Німеччини і Великої Британії — до 800 млн л; Італії — до 400 млн л, Данії — до 250 млн л, Швеції — до 200 млн л, Фінляндії — до 150 млн л; Польщі — до 90 млн л; Румунії — до 50 млн л [3].

Протягом 2006—2012 рр. більшу частину біоетанолу було імпортовано країнами Бенілюксу, Великою Британією, Швецією та Фінляндією в основному через порти Роттердама. Незначна частина імпортованого біоетанолу змішується з бензином в Роттердамі, але більшу частину біопалива змішують у кінцевому пункті призначення з метою виконання місцевих вимог країни-члена ЄС.

Протягом 2014 р. ціна на паливний етанол в ЕС (Роттердам, FOB T2) коливалась від 445 EUR/м<sup>3</sup> (0,582 дол. США/л) до 570 EUR/м<sup>3</sup> (0,745 дол. США/л). Середня ціна у січні-вересні 2014 р. складала 0,64 дол. США/л (8,32 грн/л) [7].

Для того, щоб біоетанол, вироблений в Україні, був конкурентоспроможним на європейському ринку, його ціна повинна складати 8,32 грн/л. На відміну від країн ЄС, виробництво біоетанолу в Україні обмежується низкою факторів, серед яких недосконала законодавча база, порівняно висока ціна, що обумовлена вартістю сировини при низькій урожайності сільськогосподарських культур і відсутністю комплексних технологій їх переробки.

## Висновки

Більшість країн-членів ЄС впровадили і реалізують Директиву з відновлюваної енергії. Отже, теоретично це свідчить про подальший ріст попиту на біоетанол. У цілому ринок паливного етанолу ЄС залишається залежним від імпорту з США та Бразилії. Міжнародні поточні події ( міжрелігійні конфлікти на Близькому Сході і українсько-російська криза) можуть підштовхнути ЄС до впровадження більш активної політики щодо зниження своєї залежності від вуглеводнів. За даними Європейської комісії, Європейський Союз імпортує 94 % споживаної нафти, з яких 30 % — це сира нафта і нафтопродукти, що надходять з Росії.

## Література

1. *Калетнік Г.М.* Біопаливо. Продовольча, енергетична та екологічна безпека України [Текст]: Монографія / Г.М. Калетнік. — К.: «Хай-Тек Прес», 2010. — 516 с.
2. *Biofuels barometer.* — [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://www.energies-renouvelables.org>.
3. *EU Biofuels Annual 2013.* — [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://gain.fas.usda.gov>
4. *Fuel Ethanol in Europe. Outlook in the light of policy uncertainty.* — [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://www.platts.com>.

5. *Renewable ethanol: driving jobs, growth and innovation throughout Europe* State of the Industry Report 2014 — [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://www.epure.org>

6. *Renewable Fuels Association, F.O. Lichts. «Industry Statistics: 2013 World Fuel Ethanol Production»*. — [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://ethanolrfa.org>.

7. *World Ethanol & Biofuels Report, F.O. Lichts.* — [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://www.agra-net>.

## **ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ПРОИЗВОДСТВА И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БИОЭТАНОЛА В ЕВРОПЕЙСКОМ СОЮЗЕ**

**Н.С. Коткова**

*Институт продовольственных ресурсов НААН Украины*

*В статье исследованы современные тенденции развития рынка биоэтанола в Европейском Союзе. Выявлено, что в течение 2011—2013 гг. наблюдалось общее снижение мирового производства топливного этанола на 0,18 %. Несмотря на уменьшение потребления биотоплива в транспортной сфере Европейского Союза примерно на 6,79 %, производство топливного этанола имеет тенденцию к росту, хотя в 2020 г. бензин останется более дешевым топливом.*

**Ключевые слова:** *биотопливо, биоэтанол, потребление топливного этанола, импорт топливного этанола, производственная мощность основных производителей биоэтанола.*



УДК 536.242

## FOOD SECURITY AT THE HOUSEHOLD LEVEL

T. Mostenska

National University of Food Technologies

---

**Key words:**

*Food security  
Affordability  
Household food consumption*

**Article history:**

Received 30.09.2014  
Received in revised form  
12.10.2014  
Accepted 25.10.2014

**Corresponding author:**

T. Mostenska

**Email:**

npnuht@ukr.net

---

**ABSTRACT**

The article reviews the status of food security at the household level. Food security at the national level does not always guarantee the food security for households and individuals in the country. Classification features of the most vulnerable groups of population are presented in the article. The dynamics of household expenses for food is analyzed, and the food patterns of households having a different number of members and children and living in different regions of the country are determined.

## ПРОДОВОЛЬЧА БЕЗПЕКА НА РІВНІ ДОМОГОСПОДАРСТВ

Т.Г. Мостенська

Національний університет харчових технологій

*У статті розглянуто стан продовольчої безпеки на рівні домогосподарств. Зазначено, що продовольча безпека на рівні країни не завжди гарантує продовольчу безпеку домогосподарства й окремих осіб у країні. Запропоновано класифікаційні ознаки вразливих груп населення. Проаналізовано динаміку витрат домогосподарств на харчові продукти, визначено структуру харчування домогосподарств, які мають різну кількість членів і дітей у їх складі, та найбільш вразливі категорії домогосподарств.*

**Ключові слова:** *продовольча безпека, економічна доступність, домогосподарства, споживання харчових продуктів.*

**Вступ.** Фізична достатність та економічна доступність харчових продуктів може бути оцінена як по країні в цілому, так і на рівні домашніх господарств. Останнім часом в публікаціях усе більше уваги приділяється не продовольчій безпеці на глобальному та національному рівнях, і навіть не на рівні країни, а забезпеченню продовольчої безпеки на рівні окремого домогосподарства й людини. Викликано це тим, що науковці дійшли висновку, що досягнення продовольчої самодостатності, збільшення обсягу та стабілізація ринку поставок, закріплення зв'язків з постачальниками й стабілізація обсягів виробництва, забезпечення стабільності споживчих цін не обов'язково гарантують продовольчу безпеку на рівні домогосподарств [1].

**Постановка проблеми.** Найбільш вразливим з точки зору економічної достатності вважається рівень домашніх господарств, який є наріжним каменем харчового добробуту і визначається, переважно, станом внутрішнього ринку харчових продуктів. Вивчення найбільш вразливих груп населення дозволить спрямувати державну підтримку на забезпечення продовольчої безпеки саме цих соціальних прошарків населення.

**Виклад основного матеріалу.** Забезпечення продовольчої безпеки на рівні домогосподарств є одним з головних питань у площині продовольчої безпеки у більшості регіонів світу. Досягнення продовольчої безпеки домашніх господарств вимагає відповідних зусиль з боку держави, таких як: розроблення стратегій, що спрямовані на збільшення обсягів виробництва, стабілізації поставок і цін. Питання продовольчої безпеки на рівні домогосподарств набуло актуальності тоді, коли було з'ясовано, що адекватність на агрегованому рівні не обов'язково забезпечує достатність харчування у домогосподарствах або на індивідуальному рівні. Саме тому Спеціальним комітетом Організації Об'єднаних Націй запропоновано визначення продовольчої безпеки через доступність їжі для домогосподарств. Продовольча безпека забезпечується тоді, коли домогосподарства мають доступ до безпечної їжі в кількості, яка необхідна для забезпечення здорового способу життя для всіх його членів (адекватної з точки зору якості, кількості та культурних традицій), і коли не існує надмірний ризик втрати такого доступу [2].

В Україні в останні роки залишається досить високою питома вага витрат домогосподарств на харчування. За досліджуваний період найменша питома вага витрат у сукупних витратах домогосподарств на продовольчі товари була досягнута у 2013 р. — 52,3 %. Якщо у період 2005—2008 рр. цей показник поступово знижувався (з 61 % до 53 %, або на 8 в.п.), то у 2009 р., в результаті розгортання кризових явищ в економіці країни, питома вага витрат на харчові продукти в сукупних витратах домогосподарств знову підвищилась до 55,5 %. Наступний період характеризується динамікою зниження цього показника до рівня 53,6 % — 52,3 %, залишаючись проте все ще високим (табл. 1).

*Таблиця 1. Сукупні витрати і витрати на продовольчі товари (у середньому на місяць на одне домогосподарство), розраховано автором за [3, с.186]*

Роки	Сукупні витрати домогосподарств, грн	Витрати на продовольчі товари	
		питома вага в сукупних витратах домогосподарств, %	сума, грн
2005	1229,4	61,0	749,9
2006	1442,8	57,5	829,6
2007	1722,0	55,8	960,9
2008	2590,4	53,0	1372,9
2009	2703,8	55,5	1500,6
2010	2773,1	53,5	1483,6
2011	3124,7	53,6	1674,8
2012	3300,0	52,8	1742,5
2013	3476,0	52,3	1817,8

Наведені показники характеризують середній рівень економічної доступності харчових продуктів для населення України.

Важливим для визначення рівня продовольчої безпеки в країні є виявлення найбільш вразливих груп населення з точки зору продовольчої небезпеки. Це частина населення, яка не може реалізувати право на харчування на достатньому рівні.

Вразливі групи пропонується класифікувати за такими критеріями:

а) географічний (регіональний): адміністративна територія, міське або сільське населення;

б) екологічний: кліматичні умови, доступність для споживання екологічно безпечної продукції;

в) економічний: заняття, рівень доходів;

г) демографічний: стать, вік, кількість осіб у домогосподарстві, кількість дітей у домогосподарстві.

За наведеними даними можна дослідити рівень продовольчої безпеки для вразливих груп населення. Так, у сільського населення рівень витрат на харчові продукти та структура харчування відрізняються від аналогічних показників міського населення. Для порівняння наведемо показники двох років: 2011 і 2012 (табл. 2). Споживчі сукупні витрати населення великих міст перевищували цей показник для населення, що проживає у сільській місцевості, на 869 грн, або на 23,4 % у 2012 році. Варто зауважити, що в сукупних продовольчих витратах витрати на продовольчі товари у середньому в домогосподарствах населення, що проживає у сільській місцевості, на 213 грн менші, а питома вага цих витрат у сукупних споживчих витратах на 5,3 % у цієї групи населення вища.

**Таблиця 2. Витрати домогосподарств на продовольчі товари у містах і сільській місцевості** (у середньому за місяць у розрахунку на одне домогосподарство, грн)

Показники	У міських поселеннях						У сільській місцевості	
	у великих містах		у малих містах		всього		2011	2012
	2011	2012	2011	2012	2011	2012		
Споживчі сукупні витрати, грн	3547,17	3706,88	2890,02	3033,23	3301,38	3454,94	2707,64	2837,93
у % до сукупних витрат	91,8	93,3	89,9	89,5	91,2	92,0	87,8	88,0
із них продовольчі товари, грн	2003,96	2055,28	1794,80	1820,93	1925,74	1967,63	1819,15	1842,43
у % до споживчих сукупних витрат	51,8	51,8	55,8	53,7	53,3	52,4	58,9	57,1
витрати на продовольчі товари та харчування поза домом	54,3	54,4	57,0	55,0	55,4	54,6	60,0	58,0

Як видно з табл. 2, найбільша частка сукупних споживчих витрат на продовольчі товари витрачається сільським населенням — 58,9 % у 2011 р. та 57,1 % — у 2012 році. Це ж населення найбільше витрачає на продовольчі товари та харчування поза домом — 60 і 58 % від суми сукупних споживчих витрат. Найменшу питому вагу в розподілі споживчих витрат на продовольчі товари займають витрати населення, що проживає у великих містах. Це пов'язано з вищим рівнем доходів у такого населення: вищий рівень заробітної плати, більша можливість працевлаштування, менша кількість осіб у домогосподарствах. Така структура витрат формує рівень споживання харчових продуктів у сільських та міських домогосподарствах у розрахунку на одну особу (табл. 3).

*Таблиця 3. Споживання харчових продуктів у домогосподарствах (у середньому за місяць у розрахунку на одну особу, кг), розроблено автором за [3, с. 403, с. 391]*

Харчові продукти	2011			2012		
	усі домогосподарства	у тому числі, які проживають		усі домогосподарства	у тому числі, які проживають	
		у міських поселеннях	у сільській місцевості		у міських поселеннях	у сільській місцевості
М'ясо і м'ясопродукти	5,1	5,6	4,3	5,1	5,4	4,4
Молоко і молочні продукти	18,9	19,1	18,6	19,6	19,6	19,4
Яйця, шт.	20	21	19	20	21	18
Риба і рибопродукти	1,7	1,8	1,6	1,7	1,7	1,7
Цукор	3,1	3,0	3,4	3,1	3,0	3,4
Олія та інші рослинні жири	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8
Картопля	7,7	6,8	9,8	7,6	6,6	9,9
Овочі та баштанні	10,1	9,9	10,1	10,2	9,9	10,5
Фрукти, ягоди, горіхи, виноград	3,7	4,3	2,4	3,8	4,4	2,6
Хліб і хлібні продукти	9,2	8,4	10,7	9,1	8,4	10,7
Частка домогосподарств із середньодушовими еквівалентними загальними доходами у місяць, нижчими за прожитковий мінімум, %	6,0	5,0	8,2	7,5	6,2	10,2

Так, населення, що проживає у сільській місцевості, споживало у 2012 р. меншу кількість м'яса і м'ясопродуктів на 19,6 %, молока і молокопродуктів, яєць — на 14,5 %, фруктів та ягід — на 40,9 %, заміщуючи ці продукти більшим споживанням картоплі — на 50 %, овочів і баштанних — на 6,0 %, хліба та хлібопродуктів — на 27,3 %. За статистичними даними, частка населення,

що проживає у сільській місцевості, із середньодушовими еквівалентними загальними доходами у місяць, нижчими за прожитковий мінімум, складає 10,2 %, а аналогічний показник по населенню, що проживає у містах, — 6,2 %.

Чисельний склад домогосподарств здійснює суттєвий вплив на економічну доступність харчування та його структуру через рівень доходів таких домогосподарств. Витрати домогосподарств залежно від їх чисельного складу наведені у табл. 4.

*Таблиця 4. Витрати домогосподарств залежно від їх чисельного складу у 2012 р. (у середньому за місяць у розрахунку на одне домогосподарство, грн), розраховано автором за [3, с. 391]*

Витрати	Всі домогосподарства	у тому числі з кількістю осіб				
		одна	дві	три	чотири	п'ять і більше
Споживчі сукупні витрати	3265,47	1771,15	2899,32	3882,26	4376,78	4883,71
продовольчі товари	1929,19	1101,60	1772,67	2198,54	2523,30	2921,24
у %% до споживчих сукупних витрат	53,7	57,0	54,1	52,0	53,6	54,1
У середньому на 1 особу, грн: споживчих сукупних витрат	1265,69	1771,15	1449,66	1294,09	1094,20	976,74
витрат на продовольчі товари	747,75	1101,60	886,34	732,85	630,83	584,25

Представлені розрахунки свідчать, що в середньому на 1 особу, залежно від кількості осіб в одному домогосподарстві, припадають різні суми на споживчі сукупні витрати та витрати на продовольство. Найвища сума сукупних витрат (1771,15 грн) припадає на домогосподарства, у складі яких одна особа. Також у цих домогосподарствах найвища сума витрат на продовольчі товари — 1101,60 грн. Найнижчі споживчі сукупні витрати на одну особу і витрати на харчування у домогосподарствах із чисельністю п'ять і більше осіб. Для таких домогосподарств витрати на одну особу нижчі на 163,5 грн, або майже на 22 %, ніж у середньому для всіх домогосподарств, та на 517 грн, або майже на 47 %, нижчі за рівень витрат на харчування у домогосподарствах, що складаються з однієї особи.

Структура харчування домогосподарств із різною кількістю осіб також суттєво різниться. Дані, представлені у табл. 5, надають можливість дослідити структурні зрушення у харчуванні домогосподарств залежно від їх чисельного складу в 2011—2012 роках.

Споживання, нижче за середній рівень усіх харчових продуктів, спостерігається у домогосподарствах, де чисельний склад чотири і більше осіб. Серед таких домогосподарств найбільша частка тих, що мають середньодушові еквівалентні загальні доходи на місяць, нижчі за прожитковий мінімум.

*Таблиця 5. Споживання харчових продуктів у домогосподарствах залежно від їх чисельного складу (у середньому за місяць у розрахунку на одну особу; кг), розраховано автором за [3, с. 406]*

Харчові продукти	2011 рік						2012 рік					
	Усі домогосподарства	з кількістю осіб					Усі домогосподарства	з кількістю				
		однією	двома	трьома	чотирма	п'ятьма і більше		однією	двома	трьома	чотирма	п'ятьма і більше
М'ясо і м'ясопродукти	5,1	6,7	6,1	5,0	4,5	3,9	5,1	6,7	6,0	5,1	4,3	3,7
Молоко і молочні продукти	18,9	27,4	21,9	17,6	16,2	15,7	19,6	28,9	22,3	18,1	16,9	16,1
Яйця, шт.	20	22	23	20	20	17	20	22	23	20	19	16
Риба і рибопродукти	1,7	2,4	2,1	1,6	1,5	1,3	1,7	2,3	2,1	1,7	1,4	1,2
Цукор	3,1	4,2	3,6	2,9	2,7	2,8	3,1	4,1	3,6	3,0	2,7	2,7
Олія та інші рослинні жири	1,8	2,9	2,1	1,6	1,4	1,4	1,8	2,9	2,1	1,6	1,4	1,4
Картопля	7,7	10,3	8,6	6,9	6,9	7,6	7,6	10,1	8,5	6,8	7,0	7,5
Овочі та баштанні	10,1	14,3	12,0	9,4	8,4	7,9	10,2	14,4	12,2	9,3	8,4	7,9
Фрукти, ягоди, горіхи, виноград	3,7	4,6	4,1	3,8	3,4	2,7	3,8	5,1	4,2	4,0	3,4	2,7
Хліб і хлібні продукти	9,2	13,9	10,5	8,2	7,8	8,1	9,1	13,9	10,5	8,1	7,7	7,8
Частка домогосподарств із середньодушовими еквівалентними загальними доходами у місяць, нижчими за прожитковий мінімум, %							7,5	4,1	5,0	8,5	12,1	14,1

У таких домогосподарствах при харчуванні спостерігається найбільше відхилення від середнього рівня при споживанні продуктів тваринного походження. Так, м'яса і м'ясопродуктів одна особа в домогосподарствах із чисельним складом чотири особи споживає менше на 15,7 %, а з п'ятьма і більше осіб — на 27,5 %, молока і молочних продуктів на 13,8 % та 17,9 % відповідно (табл. 6). Але при цьому не відбувається компенсації споживанням більшої кількості продуктів рослинного походження, оскільки і ці продукти споживаються на рівні значно нижчому, ніж у середньому по Україні.

У домогосподарствах із чисельним складом чотири особи (12,1 % від кількості всіх домогосподарств мають середньодушові еквівалентні загальні доходи на місяць, нижчі за прожитковий мінімум) однією особою в місяць споживання хліба і хлібних продуктів на 15,4 % нижче, ніж у всіх домогосподарствах, і на 17,6 % споживається менше на одну особу овочів і баштанних. У домогосподарствах з п'ятьма і більше осіб (14,1 % від кількості таких домогосподарств мають середньодушові еквівалентні загальні доходи на місяць, нижчі за прожитковий мінімум) на 14,3 % споживається менше хліба і хлібних продуктів, а овочів і баштанних одна особа у таких домогосподарствах споживає менше на 22,5 %, ніж у середньому по всіх домогосподарствах України.

*Таблиця 6. Відхилення споживання харчових продуктів у домогосподарствах залежно від їх чисельного складу до середнього рівня у 2012 р. (у середньому за місяць у розрахунку на одну особу; %), розраховано автором за [3, с.406 ]*

Харчові продукти	Усі домогосподарства	Домогосподарства з кількістю осіб				
		однією	двома	трьома	чотирма	п'ятьма і більше
М'ясо і м'ясопродукти	100	131,4	117,6	100,0	84,3	72,5
Молоко і молочні продукти	100	147,4	113,8	92,3	86,2	82,1
Яйця, шт.	100	110,0	115,0	100,0	95,0	80,0
Риба і рибопродукти	100	135,3	123,5	100,0	82,4	70,6
Цукор	100	132,3	116,1	96,8	87,1	87,1
Олія та інші рослинні жири	100	161,1	116,7	88,9	77,8	77,8
Картопля	100	132,9	111,8	89,5	92,1	98,7
Овочі та баштанні	100	141,2	119,6	91,2	82,4	77,5
Фрукти, ягоди, горіхи, виноград	100	134,2	110,5	105,3	89,5	71,1
Хліб і хлібні продукти	100	152,7	115,4	89,0	84,6	85,7

Для домогосподарств, у яких чисельний склад три особи, лише по одній позиції (фрукти, ягоди, горіхи, виноград) рівень споживання вищий за середній по Україні, а по трьох позиціях (м'ясо і м'ясопродукти, риба і рибопродукти та яйця) рівень споживання відповідає середньому по Україні. Інші харчові продукти споживаються у меншій кількості. Таким чином, можна стверджувати, що рівень харчування в домогосподарствах із чисельністю три і більше осіб є недостатнім, а рівня продовольчої безпеки в них не досягнуто.

До вразливих груп з точки зору забезпечення продовольчої безпеки можна віднести домогосподарства, у складі яких є діти. Розподіл витрат домогосподарств на продовольчі товари залежно від кількості дітей у них наведений нижче.

*Таблиця 7. Витрати домогосподарств з дітьми залежно від кількості дітей у їх складі у 2012 р. (у середньому за місяць у розрахунку на одне домогосподарство, грн), розраховано автором за [3, с.391]*

Витрати домогосподарств	Усі домогосподарства	у тому числі з кількістю дітей, осіб				
		одна	дві	три	чотири	п'ять і більше
Споживчі сукупні витрати	4056,55	3976,37	4316,07	4191,28	4554,16	4601,31
продовольчі товари	2334,39	2263,09	2538,39	2662,15	3070,63	2906,86
у % до споживчих сукупних витрат	53,3	52,6	54,8	58,5	55,5	60,3

Якщо у середньому домогосподарства, у складі яких є діти, витрачають на продовольчі товари 53,3 % сукупних споживчих витрат, то для домогосподарств, у складі яких п'ять і більше дітей, питома вага таких витрат складає вже 60,3 %, або на 7 в.п. вище. При цьому загальна сума витрат на продовольчі

товари для домогосподарств із п'ятьма та більшою кількістю дітей перевищує середній показник по домогосподарствах з дітьми лише на 572,47 грн, або на 24,5 %. Для домогосподарств, у складі яких одна дитина, витрати на продовольство складають 52,6 % суми загальних сукупних витрат, що на 7,7 в.п. вище за показник домогосподарств із п'ятьма і більше дітьми. Різниця у витратах на придбання продовольства в цьому разі складає 643,77 грн на одне домогосподарство у місяць, або лише 28 %. Отже, зі зростанням кількості дітей у домогосподарствах продовольча небезпека посилюється і з'являється все більша кількість домогосподарств, які можна віднести до продовольчо небезпечних.

*Таблиця 8. Споживання продуктів харчування у домогосподарствах із дітьми залежно від кількості дітей у їх складі (у середньому за місяць у розрахунку на одну особу; кг), розраховано автором за [3, с.393, с.404]*

Харчові продукти	2011 рік					2012 рік				
	Усі домогосподарства з дітьми	з кількістю дітей, осіб				Усі домогосподарства з дітьми	з кількістю дітей, осіб			
		однією	двома	трьома	чотирма і більше		однією	двома	трьома	чотирма і більше
М'ясо і м'ясопродукти	4,4	4,7	3,7	3,1	3,3	4,3	4,5	3,9	3,4	3,5
Молоко і молочні продукти	16,6	16,9	16,0	14,5	15,2	16,9	16,0	17,3	13,9	17,4
Яйця, шт.	19	20	17	17	15	19	19	18	15	15
Риба і рибопродукти	1,4	1,5	1,2	1,0	1,1	1,4	1,4	1,3	1,1	0,9
Цукор	2,7	2,8	2,6	2,3	2,4	2,7	2,8	2,5	2,8	2,4
Олія та інші рослинні жири	1,5	1,5	1,3	1,3	1,2	1,5	1,5	1,3	1,3	1,4
Картопля	6,9	6,7	6,9	8,2	6,5	6,8	6,7	6,7	7,6	9,3
Овочі та баштанні	8,3	8,7	7,6	7,0	6,6	8,4	8,7	7,6	7,6	8,0
Фрукти, ягоди, горіхи, виноград	3,4	3,7	3,0	2,1	2,5	3,5	3,8	3,2	2,5	2,5
Хліб і хлібні продукти	7,7	7,9	7,4	7,8	8,3	7,6	7,7	7,3	8,6	8,0
Частка домогосподарств із середньодушовими еквівалентними загальними доходами у місяць, нижчими за прожитковий мінімум						12,9	10,3	19,4	34,4	44,7

Аналізуючи структуру придбання харчових продуктів домогосподарствами з дітьми (табл. 8), слід зазначити, що у 2012 р., порівняно з 2011 р., зросло споживання всіх харчових продуктів однією особою у домогосподарствах, до складу яких входять діти, крім споживання м'яса і картоплі.

Щодо різниці у структурі споживання домогосподарствами харчових продуктів із різною кількістю дітей, то можна зробити висновки, що лише у домогосподарствах з однією дитиною однією особою перевищується середнє спожи-



вання харчових продуктів, крім молока і молочних продуктів (94,7 % від середнього рівня споживання домогосподарствами з дітьми). У домогосподарствах з двома дітьми однією особою споживається більше (лише молоко та молочні продукти на 2,4 %), ніж у середньому по домогосподарствах з дітьми (табл. 9).

Із загальної кількості домогосподарств, у яких є діти, 12,9 % мають середньодушові еквівалентні грошові доходи у місяць, нижчі за прожитковий мінімум. Найбільша частка таких господарств (44,7 %) серед господарств, які мають четверо та більше дітей. У домогосподарствах із трьома дітьми середньодушові еквівалентні грошові доходи у місяць, нижчі за прожитковий мінімуму, мають 34,4 %. Саме тому структуру споживання у цих домогосподарствах можна назвати незадовільною.

*Таблиця 9. Відхилення споживання харчових продуктів у домогосподарствах залежно від кількості дітей у їх складі до середнього рівня у 2012 р. (у середньому за місяць у розрахунку на одну особу, %), розраховано автором за [3]*

Харчові продукти	2012 рік				
	Усі домогосподарства з дітьми	з кількістю дітей, осіб			
		однією	двома	трьома	чотирма і більше
М'ясо і м'ясопродукти	100	104,7	90,7	79,1	81,4
Молоко і молочні продукти	100	94,7	102,4	82,2	103,0
Яйця, шт.	100	100,0	94,7	78,9	78,9
Риба і рибопродукти	100	100,0	92,9	78,6	64,3
Цукор	100	103,7	92,6	103,7	88,9
Олія та інші рослинні жири	100	100,0	86,7	86,7	93,3
Картопля	100	98,5	98,5	111,8	136,8
Овочі та баштанні	100	103,6	90,5	90,5	95,2
Фрукти, ягоди, горіхи, виноград	100	108,6	91,4	71,4	71,4
Хліб і хлібні продукти	100	101,3	96,1	113,2	105,3

Для домогосподарств, де є троє і більше дітей, перевищення середнього рівня споживання харчових продуктів однією особою спостерігається лише по хлібу і хлібопродуктах на 13,2 % для домогосподарств із трьома дітьми та на 5,3 % для домогосподарств із чотирма і більше дітьми, по картоплі — на 11,8 % та 36,8 % відповідно. Крім того, у домогосподарствах, де є четверо та більше дітей, перевищення середнього рівня спостерігається по споживанню молока і молочних продуктів однією особою на 3 %. Це свідчить про те, що домогосподарства з двома і більшою кількістю дітей, як і у випадку з домогосподарствами, до складу яких входить три і більше осіб, компенсують меншу кількість продуктів тваринного походження підвищеним рівнем споживання продуктів рослинного походження. Цю категорію населення України також можна віднести до категорії підвищеної вразливості з точки зору забезпечення продовольчої безпеки.

В Україні поступово за офіційними статистичними даними скорочується розрив у рівні середньодушових еквівалентних загальних доходів у місяць населення (табл. 10). Якщо квінтильний коефіцієнт у 2005 р. становив 4,1, то у 2013 р. цей показник склав 3,6. Проте й досі 14,3 % населення знаходиться за межею бідності, оскільки рівень його доходів нижчий за офіційно встановлений у країні рівень прожиткового мінімуму (табл. 10).

*Таблиця 10. Розподіл населення за рівнем середньодушових еквівалентних загальних доходів, %*

Середньодушові еквівалентні загальні доходи у місяць, грн	Роки						
	2005	2008	2009	2010	2011	2012	2013
до 480,0	52,2	5,5	4,0	1,9	0,8	0,8	0,4
480,1—840,0 <sup>2</sup>	47,8	26,6	24,5	13,5	8,9	5,2	4,5
840,1—1200,0 <sup>3</sup>	...	29,4	30,2	29,4	24,4	18,1	14,4
1200,1—1560,0	...	18,9	18,8	23,1	25,0	24,2	23,1
1560,1—1920,0	...	9,3	10,3	13,6	16,1	18,5	19,7
1920,1—2280,0 <sup>4</sup>	...	10,3	12,2	18,5	24,8	12,2	13,6
2280,1—2640,0	...	...	...	...	...	7,8	9,2
2640,1—3000,0	...	...	...	...	...	4,8	5,3
3000,1—3360,0	...	...	...	...	...	2,7	3,5
3360,1—3720,0	...	...	...	...	...	2,0	1,8
понад 3720,0	...	...	...	...	...	3,7	4,5
Квінтильний коефіцієнт	4,1	4,1	4,0	4,0	3,8	3,6	3,6
Частка населення із середньодушовими доходами у місяць нижчими за прожитковий мінімум*	40,0	11,6	11,1	15,6	13,7	14,1	14,3

\* Пржитковий мінімум: 2005 р. — 423 грн; 2008 р. — 607,5 грн; 2009 р. — 638,5 грн; 2010 р. — 843,17 грн; 2011 р. — 914,08 грн; 2012 р. — 1042,2 грн; 2013 р. — 1108 грн.

*Таблиця 11. Споживання продуктів харчування у домогосподарствах із різними середньодушовими еквівалентними загальними доходами у 2012 р. (у середньому за місяць у розрахунку на одну особу, кг), розраховано автором за [3, с. 387, с. 404-405]*

Харчові продукти	Усі домогосподарства	Із середньодушовими еквівалентними загальними доходами у місяць, грн											
		до 480,0	480,1—840,0	840,1—1200,0	1200,1—1560,0	1560,1—1920,0	1920,1—2800,0	2280,1—2640,0	2640,1—3000,0	3000,1—3360,0	3360,1—3720,0	понад 3720,0	довідково: нижче 1042,42 грн
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
М'ясо і м'ясо продукти	5,1	2,2	2,9	3,8	4,4	5,1	5,4	5,9	6,5	6,5	6,5	7,3	3,1
Молоко і молочні продукти	19,6	8,5	12,1	14,8	17,7	19,9	21,0	22,6	23,2	24,4	23,8	25,5	12,6
Яйця, шт.	20	10	17	18	19	20	21	22	22	21	23	22	17

Продовження табл. 11

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
Риба і рибопродукти	1,7	0,7	1,2	1,3	1,5	1,7	1,9	1,9	2,1	2,2	2,1	2,3	1,2
Цукор	3,1	1,5	2,2	2,6	3,0	3,2	3,3	3,4	3,4	3,6	3,4	3,3	2,3
Олія та інші рослинні жири	1,8	1,3	1,5	1,6	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,9	1,8	1,7	1,5
Картопля	7,6	8,7	7,3	7,4	7,9	7,9	7,7	7,5	7,6	7,1	7,0	6,5	7,1
Овочі та баштанні	10,2	5,2	7,2	8,2	9,6	10,5	10,5	11,1	11,5	11,7	11,9	11,5	7,4
Фрукти, ягоди, горіхи, виноград	3,8	1,7	2,0	2,5	3,1	3,8	4,1	4,7	5,0	6,0	5,2	6,5	2,1
Хліб і хлібні продукти	9,1	7,0	8,0	8,5	9,5	9,4	9,1	9,2	9,2	9,2	8,7	8,3	8,0
Довідково: розподіл за рівнем середньодушових еквівалентних загальних доходів домогосподарств, %	100	0,6	4,2	17,9	24,5	18,1	12,1	8,0	5,1	3,1	2,2	4,2	12,1

Різний рівень доходів домогосподарств формує й відповідну структуру споживання населенням. Так, населення з рівнем доходів до 480 грн на місяць споживає м'яса і м'ясопродуктів в середньому за місяць на одну особу 2,2 кг, з рівнем доходів до 840 грн на місяць — 2,9 кг на місяць, до 1200 грн на місяць — 3,8 кг на місяць при середньому споживанні всіма домогосподарствами 5,1 кг на місяць. Лише домогосподарства, в яких рівень доходів на одну особу перевищує 1560 грн на місяць, мають середній рівень споживання м'яса і м'ясопродуктів на одну особу.

Аналогічна ситуація спостерігається по молоку і молочних продуктах, рибі, яйцях, фруктах, ягодах. Натомість по відносно дешевших харчових продуктах (картопля, хліб і хлібопродукти) рівень споживання на одну особу, вищий за середній по всіх домогосподарствах, можуть собі дозволити домогосподарства з рівнем доходів на одну особу вищим, ніж 1200 грн.

Таблиця 12. Відхилення споживання продуктів харчування у домогосподарствах із різними середньодушовими еквівалентними загальними доходами від середнього у 2012 р. (у середньому за місяць у розрахунку на одну особу; %), розраховано автором за [3, с. 387, с. 404—405]

Харчові продукти	Із середньодушовими еквівалентними загальними доходами у місяць, грн											
	до 480,0	480,1—840,0	840,1—1200,0	1200,1—560,0	1560,1—920,0	1920,1—2800,0	2280,1—2640,0	2640,1—3000,0	3000,1—3360,0	3360,1—3720,0	понад 3720,0	Довідково: нижче 1042,42 грн
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
М'ясо і м'ясопродукти	43,1	56,9	74,5	86,3	100,0	105,9	115,7	127,5	127,5	127,5	143,1	60,8

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Молоко і молочні продукти	43,4	61,7	75,5	90,3	101,5	107,1	115,3	118,4	124,5	121,4	130,1	64,3
Яйця, шт.	50,0	85,0	90,0	95,0	100,0	105,0	110,0	110,0	105,0	115,0	110,0	85,0
Риба і рибопродукти	41,2	70,6	76,5	88,2	100,0	111,8	111,8	123,5	129,4	123,5	135,3	70,6
Цукор	48,4	71,0	83,9	96,8	103,2	106,5	109,7	109,7	116,1	109,7	106,5	74,2
Олія та інші рослинні жири	72,2	83,3	88,9	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	105,6	100,0	94,4	83,3
Картопля	114,5	96,1	97,4	103,9	103,9	101,3	98,7	100,0	93,4	92,1	85,5	93,4
Овочі та баштанні	51,0	70,6	80,4	94,1	102,9	102,9	108,8	112,7	114,7	116,7	112,7	72,5
Фрукти, ягоди, горіхи, виноград	44,7	52,6	65,8	81,6	100,0	107,9	123,7	131,6	157,9	136,8	171,1	55,3
Хліб і хлібні продукти	76,9	87,9	93,4	104,4	103,3	100,0	101,1	101,1	101,1	95,6	91,2	87,9

Проведений аналіз дає змогу стверджувати, що 12,1 % домогосподарств України, які мають рівень, нижчий за прожитковий мінімум, споживали у 2012 р. всіх харчових продуктів менше за середній рівень по країні від 44,7 % по фруктах, ягодах, горіхах, винограду до 12,1% - по хлібу та хлібопродуктах.

### **Висновки**

Рівень продовольчої безпеки в Україні не досягнуто. За статистичними даними в цілому по країні рівень самозабезпечення не досягнуто лише по виробництву м'яса та м'ясопродуктах на 11,1 %, плодах, ягодах, винограду — на 28,2 %, картоплі — на 1,6 %. Попри це, на рівні окремих домогосподарств споживання харчових продуктів нижче за раціональні норми споживання. Найбільш вразливими групами населення щодо забезпечення продовольчої безпеки є домогосподарства з дітьми та ті, що проживають у сільській місцевості. При зменшенні чисельності домогосподарств із середньодушовими доходами на місяць, нижчими за прожитковий мінімум, їх частка залишається досить високою. За статистичними даними, найбільш вразливі верствами населення є домогосподарства, розміщені у сільській місцевості. Так, за статистичними даними 2012 р. 50,3 % населення, що має рівень доходів, нижчий за прожитковий мінімум, проживало у сільській місцевості. І саме ці домогосподарства характеризуються найнижчою якістю харчування.

### **Література**

1. *Food and Agriculture Organization of the United Nations* [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://www.fao.org>.
2. *Ініціатива Спеціального комітету Організації Об'єднаних Націй*. — АСС / SCN, 1991.
3. *Статистичний щорічник України за 2012 р.* — К.: Державна служба статистики України, 2013. — 460 с.

4. *Україна в цифрах за 2013 рік. Статистичний щорічник України.* — К.: Державна служба статистики України, 2014. — 460 с.

## **ПРОДОВОЛЬСТВЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ НА УРОВНЕ ДОМОХОЗЯЙСТВ**

**Т.Г. Мостенская**

*Национальный университет пищевых технологий*

*В статье рассмотрено состояние продовольственной безопасности на уровне домохозяйств. Отмечено, что продовольственная безопасность на уровне страны не всегда гарантирует продовольственную безопасность домохозяйств и отдельных людей в стране. Предложены классификационные признаки наиболее уязвимых групп населения. Рассмотрена динамика затрат домохозяйств на пищевые продукты, определена структура питания домохозяйств, которые имеют различное количество членов и детей в их составе, и наиболее уязвимые категории домохозяйств.*

**Ключевые слова:** *продовольственная безопасность, экономическая доступность, домохозяйства, потребление продуктов питания.*

## PROCESS MODELING IN WORKING CHAMBER OF FINGER GRAIN-GROWING CRUSHER

O. Yalpachik, K. Samoychuk, S. Budenko

Taurian State Agrotechnological University

---

**Key words:**

*Grain refining  
Finger crusher of direct  
blow  
Modeling  
Frequency of rotation  
Speed*

---

**Article history:**

Received 10.10.2014  
Received in revised form  
22.10.2014  
Accepted 05.11.2014

---

**Corresponding author:**

O. Yalpachik  
**E-mail:**  
npnuht@ukr.net

---

**ABSTRACT**

As a result of analysis of existent facilities of grain-growing material refining, hammer crushers are distinguished; the structural schemes are considered and their basic defects are marked. The scheme with preliminary separation of grain and refining every shallow faction on separate parts of crusher rotor is acknowledged the most promising. The method is developed and the device of grain refining by the direct blow of operating element shallow is described as metallic fingers of vertical rotor with preliminary separation of grain-growing material. With the purpose of establishing the rational correlations of structural parameters of the developed crusher, the design of a process of grain shallow refining was conducted with the use of programmatic complexes of ANSYS and SolidWorks. The fields of distribution of speeds and lines of motion of grain-refining parts on volume crushers are obtained which testify to the narrow range of speeds distribution in the area of refining and to the diminished amount of circulation motions by comparison to other types of hammer crushers. The experimental data of the grain refining module are presented, which correlate with the results of computer modeling.

---

## МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ У РОБОЧІЙ КАМЕРІ ПАЛЬЦЕВОЇ ЗЕРНОВОЇ ДРОБАРКИ

О.В. Ялпачик, К.О. Самойчук, С.Ф. Буденко

Таврійський державний агротехнологічний університет

*У результаті аналізу існуючих засобів дроблення зернового матеріалу виділено молоткові дробарки, розглянуто конструктивні схеми і відмічено їх основні недоліки. Перспективною визнано схему з попередньою сепарацією зерна і подрібненням кожної фракції на окремих частинах ротора дробарки. Розроблено спосіб і описано пристрій подрібнення зерна прямим ударом робочих органів у вигляді металевих пальців ротора з вертикальною віссю обертання з попередньою сепарацією зернового матеріалу. З метою встановлення раціональних співвідношень конструктивних параметрів дробарки, що розробляється, проведено моделювання процесу подрібнення зерна з використанням програмних комплексів ANSYS та SolidWorks. Отримано поля розподілу швидкостей і ліній руху зернових часток по об'єму дробарки, які свідчать про вузький діапазон розподілу*

*швидкостей у зоні подрібнення та зменшену кількість циркуляційних рухів порівняно з іншими типами молоткових дробарок. Наведено експериментальні дані модуля помелу зерна, що добре корелюють з результатами комп'ютерного моделювання.*

**Ключові слова:** подрібнення зерна, пальцева дробарка прямого удару, моделювання, частота обертання, швидкість.

**Постановка проблеми.** Подрібнення зерна при переробці його на корм є одним з найбільш енергоємних процесів комбікормового виробництва. Для цієї операції переважно застосовують дробарки молоткового типу. Як правило, ці дробарки не забезпечують стабільної якості продукту і дають на виході при тонкому подрібненні до 30 % пилоподібної, а при грубому — до 20 % недоподрібненої фракції.

З аналізу найбільш розповсюджених типів подрібнювачів зерна можна виділити схеми, які передбачають попередню сепарацію продукту (зерна), що поступає в дробарку, і забезпечують більш високу якість кінцевого продукту.

Ці схеми можна поділити на такі [1, 2]:

- з відкритим циклом подрібнення;
- з рециркуляцією недоподрібненого матеріалу;
- з багатоступінчастою рециркуляцією і подрібненням;
- з попередньою сепарацією продукту і подрібненням кожної фракції на окремих частинах ротора.

Найбільш перспективною є остання схема, аналіз якої дозволяє стверджувати, що [2, 3]:

- мінімальна енергоємність процесу може бути досягнута поєднанням подачі зерна у певному інтервалі його фізико-механічних властивостей, які б забезпечили найбільш повне подрібнення зерна на даному радіусі ротора й оптимальне завантаження поверхонь молотків;
- при забезпеченні першої умови можливий частковий перехід недоподрібненого зерна на наступний рівень, тому конструкція дробарки повинна передбачати схему багатоступінчастого подрібнення.

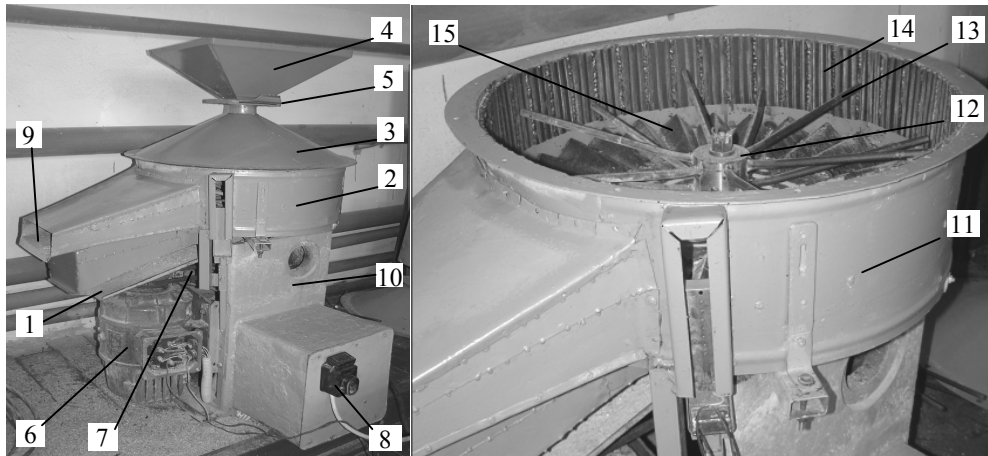
**Аналіз наукових публікацій**, проведений авторами пропонованого дослідження, дав змогу виявити такі найбільш перспективні шляхи вдосконалення конструкцій дробарок прямого удару:

- зниження питомих витрат енергії і питомої металоємності за рахунок застосування як робочого органа дробарки надтонкого молотка у вигляді тонкого металевого стержня або металевої струни;
- організація процесу попередньої сепарації зерна за розміром;
- максимальне виділення подрібненого продукту заданої крупності за рахунок створення ефективних конструкцій сепараторів;
- зниження циркулюючого навантаження у результаті прискореного відводу подрібнених часток з робочої камери;
- збільшення інтенсивності сепарації решітної поверхні за рахунок застосування спеціальної форми розподільної поверхні решета;
- максимальне використання периферійної і торцевої поверхонь камери;

- раціональна організація режиму аспірації дробарки.

**Мета дослідження.** Розробити спосіб моделювання процесів у робочій камері пальцевої зернової дробарки.

**Результати і обговорення.** У Таврійському державному агротехнологічному університеті розроблений і запатентований спосіб та обладнання для подрібнення зерна прямим ударом робочих органів у вигляді металевих пальців [4, 5]. Така дробарка з попередньою сепарацією зернового матеріалу, дослідний зразок якої показаний на рис. 1, є компактною, не потребує потужного привода і може ефективно використовуватися на малих переробних підприємствах [6].



**Рис. 1. Фото загального вигляду і робочої камери дробарки:**

1 — рама; 2 — камера подрібнення; 3 — сепаратор; 4 — бункер; 5 — регулююча заслінка; 6 — електродвигун; 7 — клинопасова передача; 8 — пульт керування; 9 — зона виходу продукту з нижнього ряду робочих органів; 10 — зона виходу з нижнього жалюзійного решета; 11 — корпус; 12 — вал; 13 — пальці; 14 — дека; 15 — ребристий диск

Експериментальна дробарка з удосконаленою системою сепарації зерна і продуктів подрібнення складається з рами 1, на якій змонтована камера подрібнення 2, над якою кріпиться пристрій 3 для попередньої сепарації зерна, що подається з бункера 4 з регулюючою заслінкою подачі зерна на подрібнення. Під кожухом 3 над камерою подрібнення зерна розташовані розподільні конуси пристрою для попередньої сепарації зерна із брахістохронними поверхнями і таутохронними напрямними. Принцип попередньої сепарації зерна полягає в тому, що продукт (зерно), який підлягає поділу, пропускається в поле сил тяжіння над щілиною, ширина якої значно перевищує розмір найбільших часток і дозволяє розподіляти за гранулометричним складом частини зерна по камері дробарки від більших часток до дрібніших від центру до периферії камери подрібнення. При цьому кожна зернина одержує необхідну силу удару для дроблення. Таке технічне рішення обумовлює компактність пристрою для попередньої сепарації зерна в дробарці без розширення її габаритів.



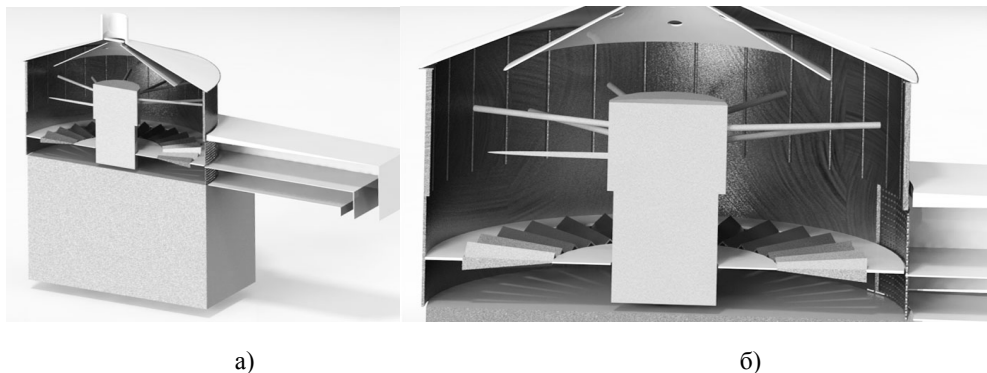
Привід дробарки здійснюється від електродвигуна постійного струму 6 і клинопасової передачі 7. Частота обертання вала ротора змінюється безступінчасто і контролюється за допомогою електронного тахометра. Камера подрібнення має зубчастий диск 15 із конусними скатними кутами для сепарації продуктів подрібнення.

Подрібнена суміш часток зерна потрапляє на диск і рухається вздовж конусних скатних кутів, здобуваючи при цьому необхідну швидкість під дією відцентрових сил. Під час руху часток суміші уздовж конусних скатних кутів вони сепаруються відповідно до свого розміру крізь канали клинчастої форми і виводяться із зони дроблення за допомогою патрубків 10. Частки зерна, які не відсепарувалися крізь канали клинчастої форми, подрібнюються об деку 14 і виводяться з камери подрібнення через патрубок 9.

Таке технічне рішення руйнування зерна прямим ударом і видалення дрібних частин із дробильної камери в міру їх утворення за допомогою конусних скатних кутів обумовлює компактність дробарки і зниження енергоємності процесу за рахунок усунення багаторазового впливу робочих органів на продукт.

Встановлення потрібних фізичних показників процесу руху та взаємодії продукту подрібнення й робочих органів дробарки в лабораторних умовах є складним і трудомістким, тому для одержання наочного зображення процесів у робочій камері дробарки було вирішено застосувати моделювання за допомогою сучасних обчислювальних комплексів. Для визначення швидкості потоків всередині робочої камери пальцевої дробарки був використаний найбільш розповсюджений програмний комплекс ANSYS Workbench, що являє собою комп'ютерну систему для проектування і виконання зв'язаного міждисциплінарного аналізу методом кінцевих елементів. Програма, яка була застосована для даних досліджень, мала модуль CFX, що надає можливість надійно й ефективно проводити розрахунки, пов'язані з динамікою руху часток з урахуванням імпульсних коливань.

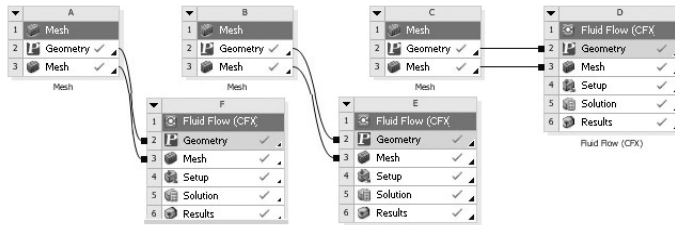
За заданими параметрами були побудовані 3D-моделі дробарки в комп'ютерній програмі SolidWorks з подальшою симуляцією процесу у програмному комплексі ANSYS. Зразки моделей представлені на рис. 2.



**Рис. 2. 3-D модель пальцевої дробарки з вертикальним ротором:**  
а) загальний вигляд; б) робоча камера

Досліджувався вплив частоти обертання ротора дробарки на розподіл швидкості потоків зерно-повітряної суміші по об'єму робочої камери, змін тиску в порожнині камери, турбулентна кінетична енергія, її дисипація та інші показники процесу.

Алгоритм моделювання показаний на рис. 3.



**Рис. 3. Алгоритм моделювання процесів у робочій камері дробарки**

Дослідження впливу частоти обертання ротора на швидкісні, енергетичні та інші основні показники процесу проводились при фіксованих значеннях частоти обертання ротора,  $n=1500, 2000$  та  $2500$  об/хв, що відповідало коловим швидкостям кінців пальців дробарки  $47,1; 62,8$  і  $78,5$  м/с. Для цих значень частот отримані наочні зображення ліній швидкісних потоків зернової суміші в порожнині робочої камери дробарки та перерізи полів швидкостей по перетину порожнини робочої камери (рис. 4).

Збільшення частоти обертання ротора, безсумнівно, суттєво впливає на змінення швидкості потоків всередині робочої камери дробарки. Діапазон значення швидкості потоків у різних частинах порожнини камери при частоті обертання  $n = 1500$  об/хв становить від  $42,9$  до  $10,2$  м/с, при  $n = 2000$  об/хв — від  $57,2$  до  $10,6$  м/с і при частоті  $n = 2500$  об/хв він коливається в межах  $62,1 \dots 10,25$  м/с. Значення швидкості на перерізах швидкості також мають подібні діапазони. Швидкості в основних зонах подрібнення (розташування пальців ротора дробарки) коливаються у межах  $18\text{—}25\%$ , що свідчить про рівномірне подрібнення часток.

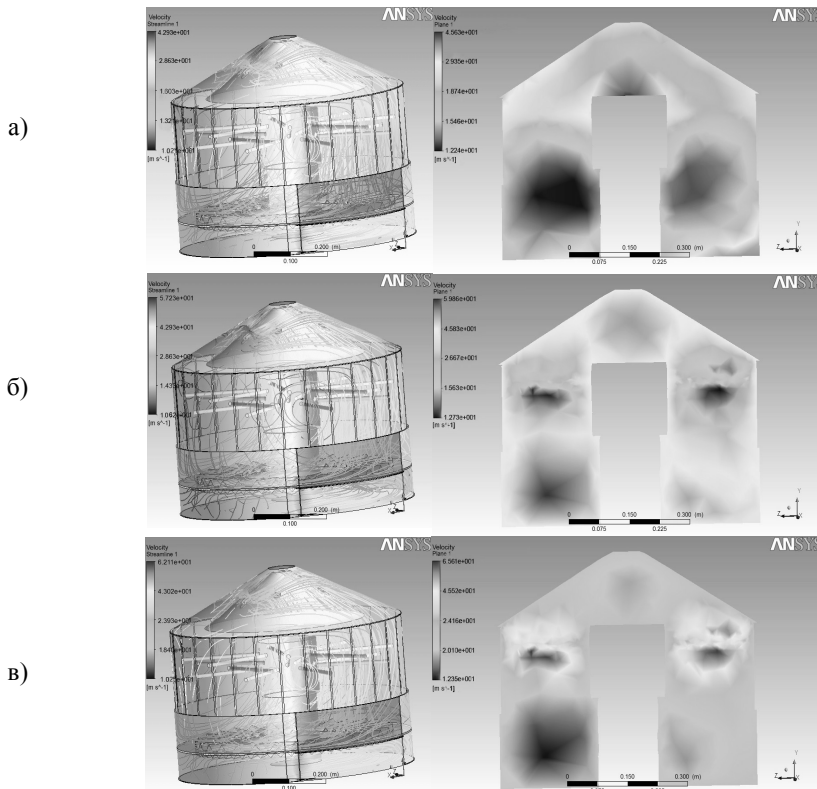
Як видно з рис. 5 а, б, геометричний характер траєкторій швидкісних потоків на всіх досліджених частотах обертання має ідентичний вигляд і наочні зображення відрізняються лише масштабом значень швидкості. В порожнині камери чітко вирізняються певні зони з різними значеннями швидкості. Кількість циркуляційних рухів часток зерна до виходу із зони подрібнення або виведення з дробарки на кожній частині ротора дорівнює  $3\text{—}8$ . Такі значення свідчать про відсутність умов для переподрібнення зернового матеріалу і високу енергетичну ефективність пальцевої дробарки.

Представлені зони змінення швидкості переміщення повітряно-продуктової суміші по об'єму робочої камери можуть давати конкретні відомості, потрібні на стадії розрахунку, проектування і розробки високоефективних конструкцій дробарки.

Крім вказаних, розроблені в програмному комплексі ANSYS моделі дають змогу визначати і наочно представляти такі показники процесу, як тиск, коефіцієнт турбулентної в'язкості, турбулентна кінетична енергія тощо,

значення яких за потреби можуть бути використані при вивченні процесів, що відбуваються в робочому об'ємі камери дробарки.

Для порівняння отриманих за допомогою комп'ютерного моделювання даних з експериментальними проведені експериментальні дослідження [7] розподілу матеріалу по камері дроблення. Вивчали вихід дробленого зерна й модуль помелу залежно від зони відбору проб і частоти обертання ротора.



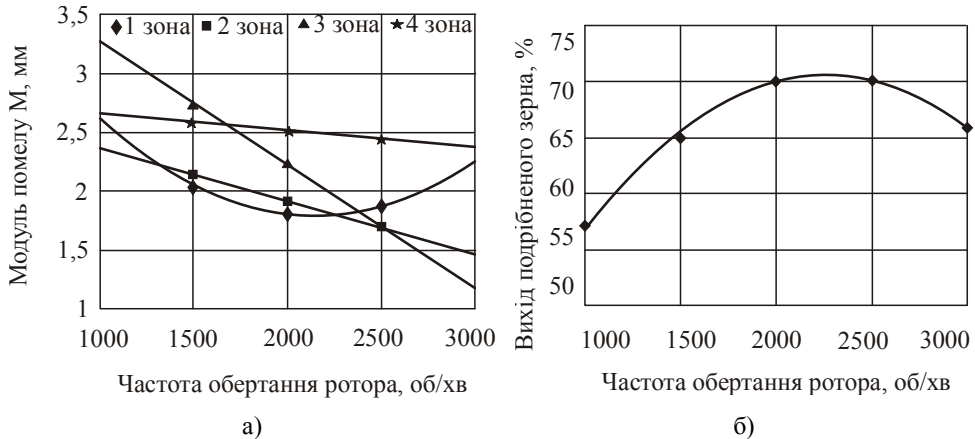
**Рис. 4. Лінії і плани швидкості потоку зернової суміші в робочій камері дробарки при різних значеннях частоти обертання ротора: а)  $n = 1500$  об/хв; б)  $n = 2000$  об/хв; в)  $n = 2500$  об/хв**

Зони відбору проб були вибрані у таких точках: перша — у верхній частині камери, в зоні дії верхнього ряду робочих органів, друга — у середині камери, третя — у нижній частині камери, у зоні дії нижнього ряду робочих органів і четверта — на виході з нижнього жалюзійного решета.

З аналізу залежностей, наведених на рис. 5, видно, що модуль помелу в зонах відбору проб 1 і 2 — мінімальний і практично не залежить від частоти обертання ротора дробарки. У зонах 3 і 4 відмічене підвищення значень модуля помелу зерна пояснюється більшим скупченням крупних часток, які вимагають додаткового удару для їх подрібнення.

Аналіз наведених у даній статті та у [8] результатів експериментальних досліджень надає можливість зробити висновок, що для одержання якісного продукту (за значенням модуля помелу) в дробарці з вертикальним ротором необхідно

підтримувати частоту обертання ротора у межах від 1800 до 2500 об/хв. Для одержання більш грубого помелу треба знижувати частоту обертання ротора і, навпаки, для дрібного помелу — підвищувати частоту обертання. Ці результати добре корелюють з результатами проведеного комп'ютерного моделювання.



**Рис. 5. Залежність модуля помелу від частоти обертання ротора:**  
 а) по зонах відбору проб подрібненого матеріалу; б) вихід дробленого зерна зі значенням модуля помелу  $M = 1,4 \dots 2,2$  мм

### Висновки

Ефективним пристроєм для подрібнення зернового матеріалу є пальцева роторна дробарка з пристроєм для попередньої сепарації зерна. В результаті моделювання процесу руху зерно-повітряної суміші в камері дробарки визначено, що кількість циркуляційних рухів часток зерна до виходу із зони подрібнення або виведення з дробарки на кожній частині ротора дорівнює 3—8, а швидкості в основних зонах подрібнення (розташування пальців ротора дробарки) мають коливання у межах 18—25 %, що дозволяє стверджувати про рівномірне подрібнення часток і високу енергоефективність процесу подрібнення у таких дробарках.

Результати комп'ютерного моделювання добре корелюють з експериментальними дослідженнями модуля помелу зерна, значення якого становить 1,4...2,2 мм, що повністю відповідає зоотехнічним вимогам.

### Література

1. Загорский С.М. Повышение эффективности приготовления кормов за счет совершенствования рабочих органов измельчителя: автореф. дис. ... канд. техн. наук / С.М. Загорский. — СПб.: Пушкин, 2008. — 20 с.
2. Поярков М.С. Совершенствование рабочего процесса молотковых дробилок с жалюзийными сепараторами при одно- и двухступенчатом измельчении зерна: автореф. дис. ... канд. техн. наук / М.С. Поярков. — Киров, 2001. — 22 с.
3. Шагдыров И.Б. Обоснование технологического процесса измельчения фуражного зерна в трехступенчатом измельчителе: Монография. — Улан-Удэ: изд-во БГСХА им. В.Р. Филипова, 2006. — 111 с.

4. Шпиганович Т.О. Дробарка прямого удара з системою сепарування зерна та продуктів подрібнення / Т.О. Шпиганович, О.В. Ялпачик // Техніка і технологія АПК. — 2011. — № 12 (27). — С. 7—10.

5. Шпиганович Т.О. Обґрунтування конструктивних параметрів дробарки зерна прямого удара з попередньою сепарацією зернового матеріалу / Т.О. Шпиганович, О.В. Ялпачик // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. — Мелітополь: ТДАТУ, 2010. — Вип. 10, т. 3. — С. 23—35.

6. Шпиганович Т.О. Перспективні концепції розробки технологічного обладнання зернопереробних виробництв АПК / Т.О. Шпиганович, О.В. Ялпачик // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. — Мелітополь: ТДАТУ, 2010. — Вип. 10, т. 1. — С. 91—98.

7. Ялпачик О.В. Визначення розподілу величини удару часток по поверхні деки дробарки прямого удара з вертикальним ротором / О.В. Ялпачик, К.О. Самойчук, О.В. Гвоздев // Вісник Львівського національного аграрного університету. Агроінженерні дослідження. — Львів, 2011. — № 15. — С. 165—173.

8. Ялпачик О.В. Експериментальні дослідження дробарки зерна прямого удара з вертикальним ротором / О.В. Ялпачик, О.В. Гвоздев, К.О. Самойчук // Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій. 2011. — Вип. 40, т. 1. — С. 218—222.

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ В РАБОЧЕЙ КАМЕРЕ ПАЛЬЦЕВОЙ ЗЕРНОВОЙ ДРОБИЛКИ**

**О.В. Ялпачик, К.О. Самойчук, С.Ф. Буденко**

*Таврический государственный агротехнологический университет*

*В результате анализа существующих средств дробления зернового материала выделены молотковые дробилки, рассмотрены конструктивные схемы и отмечены их основные недостатки. Перспективной признана схема с предварительной сепарацией зерна и измельчением каждой фракции на отдельных частях ротора дробилки. Разработан способ и описано устройство измельчения зерна прямым ударом рабочих органов в виде металлических пальцев ротора с вертикальной осью вращения с предварительной сепарацией зернового материала. С целью установления рациональных соотношений конструктивных параметров дробилки, которая разрабатывается, было проведено моделирование процесса измельчения зерна с использованием программных комплексов ANSYS и SolidWorks. Получены поля распределения скоростей и линий движения зерновых частей по объему дробилки, которые свидетельствуют об узком диапазоне распределения скоростей в зоне измельчения и уменьшенном количестве циркуляционных движений в сравнении с другими типами молотковых дробилок. Приведенные экспериментальные данные модуля помола зерна хорошо коррелируют с результатами компьютерного моделирования.*

**Ключевые слова:** *измельчение зерна, пальцевая дробилка прямого удара, моделирование, частота вращения, скорость.*

## THE STUDY OF UPDATING THE MODEL OF INTERNAL CAPILLARY DIFFUSION OF MOISTURE

I. Gaponyuk

National University of Food Technologies

---

**Key words:**

*Moisture  
Capillaries  
Motive potential  
Warmth  
Workings gases  
Inwardly capillary  
resistance  
Diffusion of moisture  
Aerodynamic resistance*

---

**ABSTRACT**

The article presents the design of electromagnetic drum separators for removing bulk materials, such as sugar, from ferromagnetic impurities. This separator differs from analogues which are used in production process by higher forces acting on the ferromagnetic impurities, and more effective unloading system of contaminants from the work area.

---

**Article history:**

Received 02.10.2014  
Received in revised form  
13.10.2014  
Accepted 26.10.2014

---

**Corresponding author:**

I. Gaponyuk  
**Email:**  
igor@nuft.edu.ua

---

## ДО УТОЧНЕННЯ МОДЕЛІ ВНУТРІШНЬОКАПІЛЯРНОЇ ДИФУЗІЇ ВОЛОГИ

І.І. Гапонюк

Національний університет харчових технологій

*У статті теоретично обґрунтовано тепло- і аеродинамічну модель внутрішньо-капілярної дифузії вологи в капілярно-шпаруватих тілах. Встановлено сутність і доповнено зміст фізичної величини внутрішньокапілярного опору дифузії вологи. Доведено можливість управління внутрішньокапілярним опором дифузії вологи факторами впливу, зокрема зміненням градієнта внутрішньокапілярного тиску, зменшенням розрідження в порах тіла, збільшенням вмісту зацементованих газів у порах тіла тощо.*

**Ключові слова:** волога, капіляри, рушійний потенціал, теплота, робочі гази, дифузія вологи, аеродинамічний опір.

**Вступ.** Загальновідомим є те, що зі зменшенням вологовмісту шару капілярно-пористих колоїдних тіл у різних станах рухомості зростають енерговитрати на його сушіння [1, 2, 3, 6, 8]. Додаткові витрати енергії зневоднення

пов'язують із вмістом і формою зв'язків вологи в тілах, хімічним складом зерна, товщиною шару зерна й швидкістю течії робочих газів, а також швидкістю міжфазового масообміну і розмірами частинок зневоджуваних тіл. Ці додаткові витрати, або як їх ще називають, втрати енергії зневоднення, можуть перевищувати розрахунково необхідні витрати енергії фазових перетворень вологи, що міститься в зневоджуваних тілах.

**Мета дослідження.** Уточнити модель внутрішньокапілярної дифузії вологи капілярно-пористих колоїдних тіл.

**Об'єкт досліджень.** Процеси дифузії вологи в капілярно-пористих тілах.

**Методика досліджень.** Математичне моделювання, прикладні дослідження.

**Результати і обговорення.** Втрати енергії зневоднення пов'язують з опором внутрішньої дифузії вологи в капілярах тіл [2, 3, 9]. Опір внутрішньої дифузії, або як його ще визначає М.І.Малін, опір випаровування вологи, як правило, встановлюють за фактичними енерговитратами зневоднення [7, 8]:

$$\Delta = (q_b - r_p) / r_p, \quad (1)$$

де  $q_b$  — витрати теплоти на випаровування вологи для даного вологовмісту тіл, кДж/кг·вологи;  $r_p$  — розрахункові значення схованої теплоти пароутворення, кДж/кг<sub>вологи</sub>.

М.Ф. Казанський (методом індикатора) та В.М. Казанський (за допомогою ізотермічного калориметра) дослідним шляхом встановили залежність приросту питомої теплоти випаровування вологи  $\Delta r$  від вологовмісту капілярно шпаруватого матеріалу [3, 6]. При визначенні показника  $\Delta r$  автори використовували рівняння Гіббса-Гельмгольца:

$$\Delta I = \Delta F + T \cdot \Delta S, \quad (2)$$

де  $\Delta I$  — тепловий ефект зв'язування води, або інакше:  $\Delta I = \Delta r = r_u - r$ , де  $r_u$  і  $r$  — теплота випаровування вологи з тіла при вологовмісті  $u$  та з відкритої поверхні;  $\Delta F$  — вільна енергія зв'язку;  $\Delta S$  — ентропія зв'язку, або «зв'язана» енергія зв'язку вологи;  $T$  — температура.

Зростання питомої теплоти  $\Delta r$  зазначені автори пояснюють або зростанням відстані перебування вологи від поверхневих шарів зневоджуваного тіла, або змінням енергії утримання вологи в тілі, тобто формою зв'язку вологи з тілом. Відповідно, ці пояснення можна умовно поділити на дві групи — механічних і енергетичних втрат енергії зневоднення капілярно-пористих тіл.

За твердженнями прихильників групи енергетичних пояснень зростання енерговитрат зневоднення капілярно-пористих тіл, найменша теплота випаровування відповідає осмотично утримуваний волозі й не перевищує теплоту випаровування вологи з відкритої поверхні (порівняно з вологістю крохмалю  $W \approx 21\%$ ), а  $\Delta r$  не перевищує 3% від теплоти фазових перетворень вологи  $r$ . Із зменшенням вологовмісту капілярно-пористих тіл до форм утримання вологи з більшою енергією зв'язку з тілом величина  $\Delta r$  суттєво зростає.

Незначне зростання енергії  $\Delta r$  для осмотично-утримуваної вологи відмічено при зневодненні желатину в діапазоні вологості від гігроскопічного

стану перебування води в тілі ( $W \approx 63\%$ ) до фізично-хімічного стану зв'язку води з матеріалом ( $W \approx 29,7\%$ ) [1]. Проте параметрів та умов зневоднення (товщина шару і стан рухомості зневоджуваних тіл, енергія газів, швидкість зневоднення, тощо) не визначено, що ускладнює виконання аналізу наведених авторами даних.

Метод В.М. Казанського був згодом застосований також і В.П. Дущенком для визначення питомої теплоти випаровування води з різноманітних колоїдних матеріалів (картопляний крохмаль, пшеничне борошно, глина тощо). У результаті було отримано аналогічну залежність енергії зв'язку і внутрішньо-капілярного опору  $\Delta r$  від його вологовмісту. На рис. 1 представлено графічну залежність показника  $\Delta r$  від вологовмісту кукурудзяного крохмалю (за даними Ф. Баунака) і насіння соняшнику (дані отримані дослідним шляхом конвективного зневоднення малорухомого шару зерна у виробничих умовах).

Однак наведені вище пояснення не корелюють із чисельними даними витрат енергії зневоднення малорухомого шару зерна в заданому діапазоні продуктивності сушильних агрегатів для лабораторних і виробничих умов. Як впливає із дослідних даних та рис. 1, опір внутрішньокапілярної дифузії на періоді зневоднення капілярних тіл до вологості, що перевищує критичну на 5...7%, відповідає мінімальним значенням і майже не змінюється з переміщенням зони зневоднення у внутрішні шари зневоджуваного тіла. Згодом, попри незмінність форм зв'язку води із зневоджуваним тілом, опір дифузії води в порах тіла починає в степеневій залежності стрімко зростати та в 1,3...2,2 рази перевищувати витрати енергії, необхідної для фазових витрат енергії пароутворення води в діапазоні вологовмісту зневоджуваних матеріалів близького до критичного, та ще більше, в 2,2...3,5 рази, за подальшого зневоднення тіла.

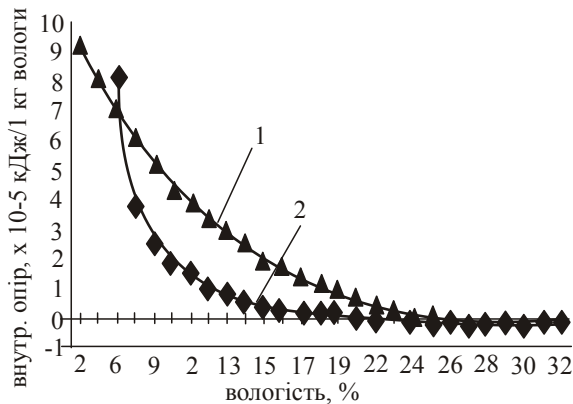


Рис. 1. Залежність енергії зв'язку  $\Delta r$  від вологовмісту матеріалу:  
1 — кукурудзяного крохмалю (за Ф. Баунака); 2 — насіння соняшнику (виробничі дослідження)

За незмінної швидкості зневоднення, із збільшенням найменшого розміру зневоджуваних капілярно-пористих тіл від  $(1,7...2,3) \cdot 10^{-3}$  м до  $(7...11) \cdot 10^{-3}$  м, опір внутрішньо-капілярної дифузії пропорційно зростає в нелінійній залежності. Те ж саме відбувається і зі збільшенням швидкості зневоднення — опір внутрішньої дифузії зростає в степеневій залежності ще стрімкіше.



Сумнівність механічних та енергетичних пояснень причин зростання внутрішньокапілярного опору дифузії вологи за швидкісних умов конвективного способу зневоднення й аргументація необхідності пошуку нових пояснень цього явища були підтверджені дослідженнями впливу на енергію  $\Delta r$  таких факторів, як перемінні градієнти температури, осцилюючі (циклічні) режими сушіння зерна, зневоднення зерна за методом «Драй-аерації», змінення градієнта внутрішньокапілярного тиску тощо.

Так, відомо, що за загальноприйнятою класифікацією вологи в зерні П.А. Ребіндера розрізняють хімічно зв'язану вологу, фізико-хімічну та фізико-механічну. Остання форма зв'язаної вологи перебуває в капілярах і шпаринах зернини та впливає на стан його зберігання.

Залежно від вмісту й умов перебування в зернині фізико-механічна волога може перебувати в рідкому, комбінованому та газоподібному стані. При перевищенні вологовмісту зерна на 5...8 % більша частка вологи в капілярах переходить у рідкий стан [3, 6].

У капілярах волога утримується силами капілярного потенціалу [2, 3, 9]. Для змочуваних рідин, таких як вода, капілярний потенціал є від'ємним. Тобто тиск пари над меніском капіляру порівняно є меншим від тиску пари над плоскою поверхнею вільної води в рідкому стані. Внаслідок цього поверхня меніску вологи в капілярі зернини ввігнута з радіусом  $R$ , більшим від радіуса капіляра тіла  $r$ .

Висота «підняття» вологи в капілярі визначається із рівняння рівноваги сил, що діють по периметру меніска [1]. З одного боку, тиском  $P$ :

$$P = 2 \cdot \pi \cdot R \cdot \sigma \cdot \cos \theta, \quad (3)$$

з іншого — масою стовпа вологи в капілярі висотою  $h$ :

$$M = \pi \cdot R^2 \cdot h \cdot g \cdot (\rho_p - \rho_n). \quad (4)$$

Висота стовпця підняття води в капілярі становить:

$$h = \frac{2 \cdot \sigma \cdot \cos \theta}{R \cdot g \cdot (\rho_p - \rho_n)}. \quad (5)$$

Дослідженнями науковців [1, 2, 3, 4] та із (5) встановлено, що зовнішній тиск на осмотичний не впливає. А це означає, що зміною зовнішнього тиску не можна змінити висоту рівня вологи в капілярі.

Отже, зміною параметра зовнішнього тиску вилучити осмотично утримувану в капілярах зернини вологу, що перебуває в рідкому стані, не можна, тому для зневоднення зерна застосовують спосіб фазового перетворення вологи в пароподібний стан із подальшим її переміщенням до поверхневих шарів зернини (внутрішня дифузія газів), а із поверхневих — в довкілля (зовнішня дифузія газів).

Необхідну енергію для вилучення 1 моля води з вологого матеріалу зазвичай розраховують за формулою [1, 2, 3]:

$$A = -R \cdot T \cdot \ln \frac{h_H}{h_\omega} = -R \cdot T \cdot \ln \phi, \quad (6)$$

де  $A$  — енергія зв'язку вологи з зерном, Дж/моль;  $R$  — універсальна газова стала, Дж/(моль·К);  $H$  — тиск насиченої пари над вільною поверхнею води при даній температурі, Па;  $h_{\omega}$  — тиск рівноважної пари над вологим матеріалом з вологовмістом  $\omega$  при тій же температурі, Па;  $\phi$  — відносна вологість повітря, частка одиниці.

Із моделі дифузії вологи [2, 3, 4, 6, 9] рушійними силами як зовнішньої, так і внутрішньої дифузії вологи й теплоти у вигляді конвективної та молекулярної (іноді мольної) дифузії в процесах зневоднення матеріалу є різниці тисків ( $\nabla P$ ), концентрацій ( $\nabla U$ ) і температури ( $\nabla T$ ).

У випадку конвективного способу зневоднення зерна, тобто зовнішнього підведення теплоти та сорбції вологи газами, інтенсивність вологообміну  $J_3$  може змінюватися від 0 до величини внутрішньої дифузії вологи на поверхню зернини  $J_b$ . Величина  $J_3$  пропорційна потенціалу рушійних сил і описується похідними від формул Дальтона та Ньютона для стаціонарних умов:

$$J_m = a_m \cdot \nabla P; \quad (7)$$

$$J_t = a_t \cdot \nabla T, \quad (8)$$

де  $\nabla P$  та  $\nabla T$  — градієнти тиску й температури міжфазових середовищ — доквілля і поверхні тіла;  $a_m$  та  $a_t$  — коефіцієнти пропорційності відповідно.

За ізотермічних умов і незначного перепаду температури тиск пари для капілярно зв'язаної вологи над поверхнею зневоджуваного тіла можна розрахувати за формулами Томсона [2]:

$$\phi = \exp\left(-\frac{2 \cdot \sigma \cdot p_n \cdot \cos \theta}{\rho_{ж} \cdot p_u \cdot r}\right); \quad (9)$$

$$\phi = 100 \cdot \frac{P_h}{P_o} = \exp\left(-\frac{\Delta \rho \cdot g \cdot h \cdot M}{\rho_l \cdot R \cdot T}\right), \quad (10)$$

де  $\Delta \rho = (\rho_l - \rho_v)$  — різниця густини рідини та пари;  $g$  — прискорення вільного падіння;  $\phi$  — відносна вологість або відносний тиск пари;  $T$  — температура газу;  $R$  — універсальна газова стала.

Наведені формули (9) та (10) через велику розбіжність із результатами дослідів [2] складно застосовувати для практичних розрахунків, проте вони дозволяють зробити якісний аналіз процесів зовнішнього тепломасообміну. За ними можна встановити, що величина рушійного потенціалу ( $\nabla P$ ) знаходиться в прямій залежності від температури газів  $T$ , їхньої густини  $\rho$  та у зворотній — від молекулярної маси  $M$ .

Внутрішньокапілярна дифузія переміщення газів  $J_b$  у мікрокапілярах зернини складається з кількох течій [1, 3, 5]. В обмежених умовах мікрокапілярів, незначного перепаду температур і концентрації вологи науковці виділяють такі течії:

а) течії газів під дією градієнтів тиску  $\nabla P$  і температури  $\nabla T$ , що формуються відповідно до законів Дальтона і Ньютона [1, 3, 5];

б) дифузія-ковзання газів по поверхні капіляра — під дією градієнта імпульсу (кількості руху) молекул  $J_{вк}$  [1, 3, 5].

До зазначених слід додати також течію вологи під дією гідродинамічного напору защемлених у капілярах газів [5].

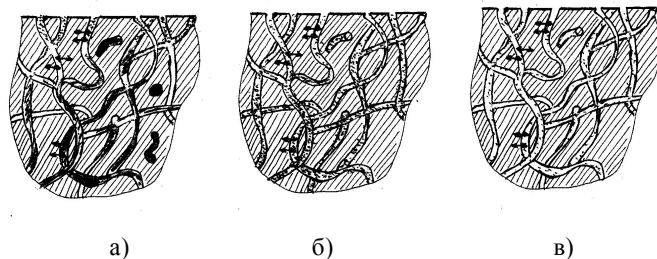
У процесі капілярно-пористих тіл підвищеного вологовмісту волога в капілярах на різних етапах зневоднення може перебувати в рідкому, проміжному та пароподібному станах (рис. 2).

Розглянемо механізм внутрішньої дифузії для кожного з цих етапів для умов перебування вологи в капілярах у рідкому стані, тобто для зерна з вологовмістом, що більш як на 5...8 % перевищує критичний, і меншого вологовмісту. Стан вологості зерна, за якого волога перевищує критичну на 5...8 % і перебуває в рідкому стані, є найбільш характерним для зерна в період його заготівлі.

На етапах подальшого зневоднення зерна аналіз процесів зневоднення будемо виконувати з урахуванням впливу наявності защемлених рідиною газів у капілярах зневоджуваного тіла й впливу енергії розрідження в порах зневоджуваного тіла (рис. 3). Під защемленими слід розуміти ті гази, що потрапляють у пори тіла із довкілля та/або за наслідками життєдіяльності зерна, тобто реакцій біохімічного синтезу й десинтезу органічних речовин.

На початковому етапі зневоднення зерна основна частка теплоти робочих газів витрачається на фазові перетворення вологи, що міститься в поверхневих шарах зернини. За умов перевищення енергії цих газів над необхідною для фазових перетворень вологи в тілі зернини ця частка енергії витрачається на нагрівання поверхневого шару тіла зернини.

Із поглибленням зони зневоднення, для вилучення вологи з віддалених від поверхневого шару частини капілярів тіла витрати енергії зростають на нагрівання зневодненої частини тіла та переміщення віддаленої від поверхневого шару вологи до поверхні тіла й подальшого переміщення її в довкілля (створення рушійних потенціалів — градієнтів тиску  $\nabla P$  фазових середовищ і по довжині пор тіла).



**Рис. 2. Стани перебування вологи в капілярах і порожнинах зернини:**  
а) рідинному стані; б) комбінованому стані ; в) газоподібному стані

З урахуванням витрат енергії на нагрівання зневодненої частини тіла, енергія робочих газів, що підводиться зернині ( $g_{0L}$ ), розподіляється неоднорідно по довжині капіляра [9]. Залежність розповсюдження та розподілу теплоти в зернині можна описати законом Ньютона (8).

Інтенсивність зовнішньої дифузії вологи на цьому етапі залежить від градієнта тиску  $\nabla P$ , температури тіла й інтенсивності внутрішньої дифузії, яка, у свою чергу, пов'язана з глибиною розташування рідини в капілярі та швидкості розповсюдження поля фазових перетворень вологи по довжині капіляра.

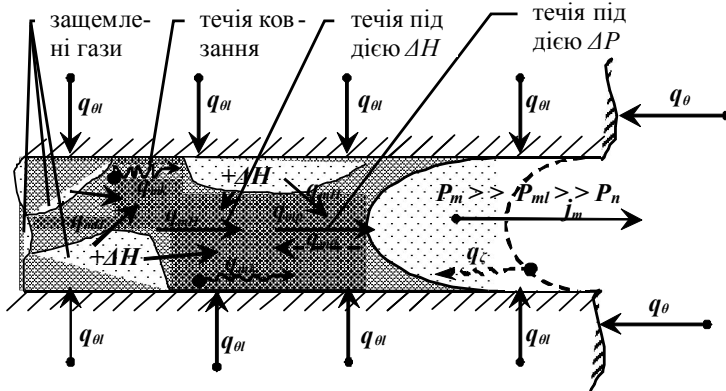


Рис. 3. Схема течій газів і теплоти в капілярі зернини при конвективному підведенні теплоти  $q_0$  на встановленому етапі сушіння,  $q_{0L} = const$

За подальшого етапу зневоднення зона фазових перетворень вологи ще більше поглиблюється у внутрішні шари тіла. Течія газів формується під дією протидіючих потоків. З одного боку, течії газів під дією градієнта тиску  $\nabla P$  ( $g_m$ ), течії ковзання молекул газів ( $g_c$ ), гідростатичного напору рідини та газів ( $g_c$ ). З іншого — температурного градієнта  $\nabla T$  ( $-g_o$ ) і гідростатичного опору пор тіла  $\Delta H_\xi (-g_\xi)$ .

Додаткові витрати енергії на переміщення газів крізь пори тіла  $\Delta H_\xi (-g_\xi)$  встановлено дослідями П.А. Новікова та В.С. Яловця. Для умов фільтрації газів крізь пористу пластину ними дослідниками встановлено коефіцієнт проникнення газів [3]:

$$K_f = [2V_{\text{атм}} p_{\text{атм}} / (p_{\text{п}}^2 - p_{\text{атм}}^2)] (\mu / f), \quad (11)$$

де  $V_{\text{атм}}$  — об'ємні витрати газів, що переміщуються крізь пористу пластину,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;  $p_{\text{атм}}$  та  $p_{\text{п}}$  — тиск атмосферний і фактичний над- та підшпаруватою пластиною відповідно, Па;  $\mu$  — коефіцієнт динамічної в'язкості газів, Па·с;  $f$  — площа поверхні пластини в плані,  $\text{м}^2$ .

Еквівалентний діаметр  $d_e$ , що відповідає об'єму середньозваженої частинки, можна розрахувати за формулою [1, 4]:

$$d_e = \sqrt[3]{6V / \pi}, \quad (12)$$

де  $V = G / n\rho_c$  — об'єм середньозваженої частинки,  $\text{м}^3$ ;  $G$  — маса довільно взятої наважки, кг;  $n$  та  $\rho_c$  — кількість частинок у цій наважці та середня густина однієї з них відповідно,  $\text{кг}/\text{м}^3$ .

При зовнішньому, конвективному способі підведенню теплоти зневоджуваному тілу відбуваються неоднакової за інтенсивності фазові перетворення

рідини по довжині пор тіла. Найінтенсивніше в тій частині пор, що розташовані ближче до поверхневого шару тіла, а менш інтенсивно — у віддалених від поверхневого внутрішніх шарах тіла. В розрахунках енергій груп течій газів у порах зневоджуваного тіла слід враховувати ймовірність наявності у віддалених від поверхні шарах тіла зернини капілярно-защемлених газів. Найповільніше фазові перетворення відбуваються в ще більш віддаленій від поверхневих шарів зернини частині пор тіла зернини.

Течія газів ковзання по поверхні пор тіла спрямована в протилежний бік від напрямку температурного поля (рис. 3), тобто у напрямок від меншої температури газів до більшої і за умов конвективного зневоднення збігається з напрямком течії вологи від внутрішніх до поверхневих шарів зневоджуваного тіла.

Гідростатичний газорідинний напір  $J_r$  складається з течії рідини і газів у порах під дією енергії додаткового тиску  $+\Delta H_{зг}$ , що виникає при підвищенні температури защемлених газів, які розміщені на всій довжині пор тіла і залежно від його вмісту та змін температури може суттєво впливати на внутрішню дифузію вологи. Напір  $J_r$  спрямований у бік меншого аеродинамічного опору і за умов підвищення температури зневоджуваного тіла також збігається з напрямком течії газів до поверхневих шарів тіла зернини. Величина енергії цього напору ( $\Delta H_{зг}$ ) прямо пов'язана з вмістом защемлених газів і температурою їх нагрівання.

Крім течії газів під дією градієнта температури  $\nabla T$ , до протидіючих внутрішній дифузії вологи відноситься течія газів із довкілля у внутрішні шари тіла під дією градієнта тиску  $\nabla H_p$  (компенсація створюваного розрідження в порах тіла зернини), спричинених об'ємною дифузією пари вологи в порах із віддалених до поверхневих шарів тіла. Ця течія формується під дією розрідження  $\Delta H_p$  ( $-g_p$ ), що може виникати за наслідками різного вмісту парів по довжині пор тіла зернини в рівновіддалених від поверхні тіла шарах.

Величина розрідження  $\Delta H_p$  пов'язана з об'ємом витіснених на поверхню капілярів вологи та защемлених газів. Енергія течії газів ( $g_p$ ) пропорційна величині розрідження  $\Delta H_p$  і суттєво зростає із збільшенням інтенсивності конвективного масообміну та суттєво протидіє внутрішньокапілярній дифузії вологи зневоджуваного тіла на основному й завершальних етапах його сушіння.

На завершальному етапі зневоднення, зі зменшенням вмісту вологи та защемлених газів у зневоджуваному тілі, а також унаслідок очевидного послаблення енергії ковзання газів по поверхні пор тіла енергія дифузії вологи із пор тіла також суттєво послаблюється. На цьому етапі гідростатичний газорідинний напір  $J_r$  та енергія  $g_r$  наближаються до мінімальних значень ( $J_r \approx 0$ ), а енергія протидіючої течії газів з поверхневих шарів тіла у внутрішні шари стрімко зростає й набуває найбільших значень. Інтенсивність зневоднення зерна на даному етапі міжфазового зневоднення суттєво послаблюється, може призупинитися і навіть може змінюватися напрямком переміщення газів, тобто спостерігатися десорбція газів тілом.

Для запобігання цьому на завершальному етапі зневоднення зростаючу енергію протидіючих потоків  $\Delta H_p$  традиційними технологіями компенсують

відповідним збільшенням потенціалу  $\nabla P$  робочих газів підвищенням їх температури або зменшенням тиску газів у поверхневих шарах зневоджуваного тіла чи доквілля:

$$\nabla P = A \cdot (T_2/T_1)^n + 622 \cdot \frac{\phi \cdot p_n}{B - \phi \cdot p_n}, \quad (13)$$

де  $A$  та  $n$  — коефіцієнти, що залежать від параметрів зерна та повітря;  $\phi$  — відносна вологість робочих газів доквілля, %;  $B$  і  $p_n$  — барометричний тиск титиск насиченої пари, Па. Проте такі дії пов'язані з додатковими витратами енергії зневоднення в степеневій залежності  $[(T_2/T_1)^n]$ .

### **Висновки**

1. Із зменшенням вмісту вологи в капілярно-пористому тілі зменшується частка легковтриманої в тілі вологи різних фазових станів.
2. Внутрішній опір дифузії вологи  $\Delta r$  більшою мірою залежить від швидкості зневоднення та меншою від віддаленості зони зневоднення від поверхневих шарів пористого тіла.
3. Для подолання опору дифузії вологи збільшують рушійний потенціал робочих газів, енергія яких може перевищувати розрахунково-необхідну для фазових перетворень вологи, що міститься в порах тіла, що спричиняє зменшення термічного коефіцієнта корисної дії тепловологообміну.
4. Сутність внутрішньокапілярного опору дифузії вологи полягає в зростанні енергії переміщення вологи з віддалених до наближених до поверхні тіла шарів.
5. Зростання внутрішньокапілярного опору дифузії вологи пов'язано більшою мірою із зростанням пошарової в капілярно-пористому колоїдному тілі різниці тисків газів та, меншою мірою, віддаленістю вологи від поверхневих шарів тіла.

### **Література**

1. *Флауменбаум Б.Л.* Основы консервирования пищевых продуктов / Б.Л. Флауменбаум, С.С. Танчев, М.А. Гришин. — М.: Агропромиздат, 1986. — 494 с.
2. *Лыков А.В.* Теплообмен (Справочник). — М.: Энергия, 1972. — 560 с.
3. *Гинзбург А.С.* Влага в зерне / А.С. Гинзбург, В.П. Дубровский, Е.Д. Казаков и др. — М.: Колос, 1969. — 224 с.
4. *Остатчук Н.В.* Повышение эффективности сушки зерна / Н.В. Остатчук, А.Б. Шашкин, В.Д. Каминский. — Киев: Техника, 1988. — 180 с.
5. *Гапонюк І.І.* Удосконалення технології сушіння зерна. — Одеса: Поліграф, 2009. — 182 с.
6. *Егоров Г.А.* Влияние тепла и влаги на процессы переработки и хранения зерна. — М.: Колос, 1973. — 264 с.
7. *Малин Н.И.* Справочник по сушке зерна. — М.: Колос, 1986. — 158 с.
8. *Малин Н.И.* Энергосберегающая сушка зерна. — М.: КолоСС, 2004. — 240 с.
9. *Sullikan W.N.* Heat transfer to flowing granular media / W.N. Sullikan, R.H. Sakersky // Heat and Mass Transfer. — 1975. — Vol. 18. #11. — P. 97—107.

## **К УТОЧНЕНИЮ МОДЕЛИ ВНУТРИКАПИЛЛЯРНОЙ ДИФфуЗИИ ВЛАГИ**

**И.И. Гапонюк**

*Национальный университет пищевых технологий*

*В статье теоретически обоснована тепло- и аэродинамическая модель внутреннекапиллярной диффузии влаги в капиллярно-пористых телах. Установлена сущность и дополнено содержание физической величины внутреннекапиллярного сопротивления диффузии влаги. Доказана возможность управления внутреннекапиллярным сопротивлением диффузии влаги факторами влияния, в частности изменением градиента внутреннекапиллярного давления, уменьшением разрежения в порах тела, увеличением содержания ущемленных газов в порах тела и т.п.*

**Ключевые слова:** сыпучие капиллярно-пористые тела, влага, капилляры, движущий потенциал, теплота, рабочие газы, внутреннекапиллярное сопротивление, диффузия влаги, движущий потенциал, аэродинамическое сопротивление.

## FEATURES OF GAS-LIQUID SYSTEMS MODELING

V. Kryvorotko

National University of Food Technologies

<b>Key words:</b> <i>System</i> <i>Environment</i> <i>Gas phase</i> <i>Quasi-elastic potential</i> <i>Gas-hold capacity</i> <i>Fermentation machine</i>	<b>ABSTRACT</b> The article presents information concerning the methods and possibilities of the energy potential of gas-liquid media. It is shown that the gas retaining ability is a factor determining the energy circulation circuit and, simultaneously, a reflection of fermentation apparatus geometry. The methods of creating dynamic environments and the definitions of the transition from gas-liquid systems to quasi-elastic ones with the possibilities of using the equations describing the dynamics of transition processes are presented. Mathematical models of gas-liquid media are proposed.
<b>Article history:</b> Received 30.09.2014 Received in revised form 12.10.2014 Accepted 25.10.2014	
<b>Corresponding author:</b> V. Kryvorotko <b>E-mail:</b> npnuht@ukr.net	

## ОСОБЛИВОСТІ МОДЕЛЮВАННЯ ГАЗОРІДИННИХ СИСТЕМ

В.М. Криворотько

Національний університет харчових технологій

*У статті наведено інформацію, яка стосується методів і можливостей енергетичних потенціалів газорідинних середовищ. Показано, що газоутримувальна здатність системи є чинником визначення енергії циркуляційних контурів і, одночасно, відображенням геометрії бродильних апаратів. Розроблено методики створення динамічних систем середовищ, визначення переходу від газорідинних систем до квазіпружних з можливостями використання рівнянь динаміки при описі перехідних процесів. Запропоновано математичні моделі газорідинних середовищ.*

**Ключові слова:** система, середовище, газова фаза, квазіпружний потенціал, газоутримувальна здатність, бродильний апарат.

**Вступ.** Існування газорідинних систем у гравітаційному полі пов'язане з наявністю двох складових енергетичних потенціалів. Один з них стосується розчиненого газу, а другий — диспергованої газової фази.

На основі аналізу побудови таких систем і їх моделювання та прогностичних феноменологічних міркувань визначено завдання цього дослідження. Оскільки удосконалення будь-якої технології ґрунтується на відповідній інформаційній



базі, то у ньому передбачено визначення впливів гідродинамічних параметрів на інтенсивність масообмінних процесів, фізичного підґрунтя в оцінці енергетичних потенціалів розчинених газів, особливостей їх використання в бродильних технологіях.

Оцінка таких потенціалів здійснюється на основі закону Генрі, а їх прояви мають місце за умов порушення термодинамічної рівноваги. Важливо, що за рахунок змінних тисків досягаються можливості впливів на енергетичні потенціали середовищ. Методикою теоретичних досліджень передбачено визначення впливів гідродинамічних параметрів на інтенсивність масообмінних процесів [1, 2].

**Виклад основного матеріалу.** За анаеробного бродіння здійснюється трансформація вхідного матеріального потоку розчиненого цукру під дією мікроорганізмів з утворенням етанолу і вуглекислого газу. За умови негерметичних апаратів досягається граничне за заданим тиском насичення середовища діоксидом вуглецю, а інша його кількість, що знаходиться за межами рівноважного стану, проходить режим утворення і видалення диспергованої газової фази. У потоках останньої утворюються циркуляційні контури з висхідними й опускними гілками. Очевидно, що така циркуляція є часткою енергетичного потенціалу в ланцюгу перетворень від хімічної енергії цукрів до біохімічних перетворень, утворення енергії міжфазової поверхні, кінетичної енергії циркуляційних контурів і, нарешті, до енергії виходу газової фази з рідинної [3, 4, 5].

За створення загальної фізичної моделі названої сукупності трансформацій приймалися такі припущення:

- вважається, що внаслідок гідростатичного тиску і, відповідно до закону Генрі, в бродильних апаратах існує повисотна нерівномірність концентрацій розчиненого  $\text{CO}_2$ ;

- вважається, що швидкість спливання диспергованої газової фази визначається на основі принципу суперпозиції сумою відносної швидкості спливання бульбашок і швидкості рідинної фази в циркуляційних контурах;

- утримувальна здатність по газовій фазі визначає величину міжфазової поверхні та інтенсивність процесів масообміну;

- вважається, що енергетичний потенціал газонасиченого середовища визначається з рівняння Клайперона-Менделєєва;

- архімедові сили пропорційні об'ємам бульбашок диспергованої газової фази, а сили опору, що діють за їх спливання, пропорційні квадратам швидкостей;

- наявність диспергованої газової фази в рідинній дає змогу в цілому оцінювати газорідинні середовища пружними і такими, до яких можливим є застосування принципу Релея;

- визнання газорідинних середовищ пружними системами дозволяє в моделюванні їх динаміки застосовувати метод Лагранжа-Даламбера.

У розрахункових системах, які стосуються пружних і квазіпружних систем у коливальних процесах, наявні приведені маси, які визначаються на основі принципу еквівалентності кінетичних енергій. Для випадку розподіленої маси газорідинної системи скористаємося принципом Релея і визначимо її приведену масу:

$$m_{\text{пр}} = m/3 . \quad (1)$$

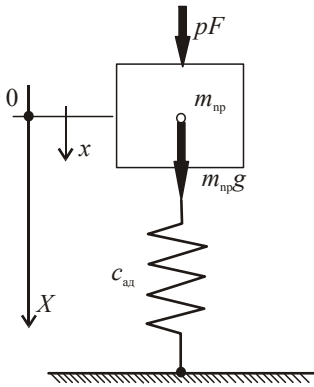


Рис. 1. Розрахункова модель системи

При визначених приведеній масі і квазіжорсткості системи одержуємо можливість перейти до її розрахункової моделі (рис. 1). Розглядаючи термодинамічні умови, слід відмітити, що перехід від ізотермічного процесу до адиабатного супроводжується різними числовими значеннями жорсткостей з кратністю, що вкладається у 1,5—2 одиниці. Очевидно, що такий результат є очікуваним, однак важливим є те, що за прийнятих фізичних параметрів в обох випадках жорсткості є сталими величинами. Окрім того, варто виокремити важливий і принциповий факт, який стосується можливості визначення частоти власних коливань  $f$  квазіпружної системи:

$$f = \sqrt{c/m_{np}}, \quad c^{-1}. \quad (2)$$

Це означає, що досягається можливість реалізації пульсаційних впливів у квазіпружних системах з наближенням до резонансних явищ. Оскільки співвідношення жорсткості і маси визначає частоту власних коливань, то це надає можливість вказати на параметри впливу з точки зору інтересів оцінки системи в цілому. До таких параметрів впливу відносяться різниця і співвідношення тисків, геометрія апарата й утримувальна здатність. Останнє означає вплив швидкості генерування діоксиду вуглецю в середовищі і можливість впливу за рахунок рециркуляційного повернення  $\text{CO}_2$ . Таке повернення разом з продовженням генерування діоксиду вуглецю в системі може забезпечувати різні значення утримувальної здатності у бік їх збільшення незалежно від швидкості зброджування середовища.

Для поглибленої оцінки впливів утримувальної здатності звернемося до аналізу системи, математичне відображення якої записуємо у формі рівняння:

$$m_{np} \ddot{x} = F_{ан} p_2 + m_{np} g - c_{ад} x. \quad (3)$$

Перепишемо цю умову у формі, придатній до інтегрування:

$$\ddot{x} + \frac{c_{ад}}{m_{np}} x = \frac{F_{ан} p_2}{m_{np}} + g. \quad (4)$$

У результаті отримано однорідне диференціальне рівняння другого порядку, розв'язання якого залежить від представлення параметрів його правої частини. У першому наближенні будемо вважати, що перехід тиску в системі від значення  $p_1$  до  $p_2$  здійснюється миттєво. За таких умов рівняння (4) визначається як лінійне, а його розв'язання визначається коренями його характеристичного рівняння:

$$r^2 + \frac{c_{ад}}{m_{np}} = 0. \quad (5)$$

Оскільки корені останньої умови є уявними

$$r_{1,2} = \pm i \sqrt{c_{ад}/m_{np}}, \quad (6)$$

то розв'язок диференціального рівняння (4) має такий вигляд:

$$x = A \sin \sqrt{\frac{c_{ад.}}{m_{пр}}} \tau + B \cos \sqrt{\frac{c_{ад.}}{m_{пр}}} \tau + \frac{F_{ан.} p_2}{c_{ад.}} + \frac{g m_{пр}}{c_{ад.}}, \quad (7)$$

де сталі інтегрування  $A$  та  $B$  визначаються за початкових умов:

$$\tau_{(n)} = 0; \quad x_{(n)} = \frac{F_{ан.} p_1}{c_{ад.}} + \frac{g m_{пр}}{c_{ад.}}; \quad \dot{x}_{(n)} = 0. \quad (8)$$

Така система оцінюється як попередньо навантажена тиском  $p_1$  і силою тяжіння. Підстановка початкових умов у рівняння (7) дозволяє записати:

$$\frac{F_{ан.} p_1}{c_{ад.}} + \frac{g m_{пр}}{c_{ад.}} = B + \frac{F_{ан.} p_2}{c_{ад.}} + \frac{g m_{пр}}{c_{ад.}} \quad (9)$$

або

$$B = \frac{F_{ан.} p_1}{c_{ад.}} - \frac{F_{ан.} p_2}{c_{ад.}}. \quad (10)$$

Для визначення сталої інтегрування  $A$  виконаємо диференціювання рівняння (7):

$$\dot{x} = A \sqrt{\frac{c_{ад.}}{m_{пр}}} \cos \sqrt{\frac{c_{ад.}}{m_{пр}}} \tau - B \sqrt{\frac{c_{ад.}}{m_{пр}}} \sin \sqrt{\frac{c_{ад.}}{m_{пр}}} \tau, \quad (11)$$

тоді

$$A \sqrt{\frac{c_{ад.}}{m_{пр}}} = 0; \quad A = 0. \quad (12)$$

Підстановка сталих інтегрування дає змогу записати:

$$x = \frac{F_{ан.} p_2 + g m_{пр}}{c_{ад.}} + F_{ан.} \frac{p_1 - p_2}{c_{ад.}} \cos \sqrt{\frac{c_{ад.}}{m_{пр}}} \tau. \quad (13)$$

При цьому швидкість деформування системи:

$$\dot{x} = F_{ан.} \frac{p_2 - p_1}{c_{ад.}} \sqrt{\frac{c_{ад.}}{m_{пр}}} \sin \sqrt{\frac{c_{ад.}}{m_{пр}}} \tau = \frac{(p_2 - p_1) F_{ан.}}{\sqrt{m_{пр} c_{ад.}}} \sin \sqrt{\frac{c_{ад.}}{m_{пр}}} \tau. \quad (14)$$

З форми запису останньої умови видно, що деформація середовища за показником швидкості відповідає синусоїдальному закону і максимуму швидкості відповідає значення аргумента:

$$\sqrt{\frac{c_{ад.}}{m_{пр}}} \tau_{max} = \frac{\pi}{2}. \quad (15)$$

Звідси час досягнення максимальної швидкості визначається за формулою:

$$\tau_{max} = \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{m_{пр}}{c_{ад.}}}. \quad (16)$$

Разом з тим прирівнювання (14) до нуля дозволяє знайти час досягнення екстремуму в переміщенні  $x$ :

$$\tau_{\text{екс.}} = \pi \sqrt{\frac{m_{\text{пр}}}{c_{\text{ад.}}}}. \quad (17)$$

Максимальне переміщення приведеної маси визначається за формулою:

$$\begin{aligned} x_{\text{екс.}} &= \frac{F_{\text{ап.}} p_2 + g m_{\text{пр}}}{c_{\text{ад.}}} + \frac{(p_1 - p_2) F_{\text{ап.}}}{c_{\text{ад.}}} \cos \sqrt{\frac{c_{\text{ад.}}}{m_{\text{пр}}}} \pi \sqrt{\frac{m_{\text{пр}}}{c_{\text{ад.}}}} = \\ &= \frac{F_{\text{ап.}} p_2 + g m_{\text{пр}}}{c_{\text{ад.}}} + \frac{F_{\text{ап.}} (p_1 - p_2)}{c_{\text{ад.}}} \cos \pi = \\ &= \frac{F_{\text{ап.}} p_2 + g m_{\text{пр}}}{c_{\text{ад.}}} + \frac{F_{\text{ап.}} (p_2 - p_1)}{c_{\text{ад.}}} = \frac{2 F_{\text{ап.}} p_2 + g m_{\text{пр}} - F_{\text{ап.}} p_1}{c_{\text{ад.}}}. \end{aligned} \quad (18)$$

Підстановка значення квазіжорсткості дозволяє записати:

$$x_{\text{екс.}} = \frac{(2 F_{\text{ап.}} p_2 + g m_{\text{пр}} - F_{\text{ап.}} p_1) u \left( 1 - k_a \sqrt{\frac{p_1}{p_2}} \right)}{(p_2 - p_1) F_{\text{ап.}}^2}. \quad (19)$$

За умови нехтування впливом диспергованої газової фази на гідростатичний тиск надалі будемо вважати, що він визначається висотною координатою тільки рідинної фази:

$$p_{\text{г.с.}} = \rho g H_{\text{рід.}}. \quad (20)$$

Звідси впливає можливість визначення тиску в кожному з перерізів середовища на рівні  $H_{\text{рід.}}$ :

$$p_H = p_2 + \rho g H_{\text{рід.}}. \quad (21)$$

Оскільки гідростатичний тиск у кожному фізичному шарі залишається незмінним у режимі деформацій газорідинних середовищ, то це означає, що загальні зміни в них породжують зміну зовнішнього тиску.

Раніше було зазначено, що в запропонованій моделі прийнята умова миттєвого переходу в зовнішньому тиску від значення  $p_1$  до  $p_2$ . Практична її реалізація можлива за двох умов, які стосуються загального об'єму надрідинної фази в апараті і можливостей швидкоплинного подавання стиснутого газу з підтриманням стабілізованого тиску об'єму змінної величини. Серед діючого обладнання до названих умов відносяться бродильні апарати (акратофори) у виробництві шампанських вин. Об'єм вільної фази в них наближається до 1...3 % від загального об'єму апарата, а наявність, наприклад, ресивера зі стиснутим  $\text{CO}_2$  може забезпечити умову швидкоплинної стабілізації тиску на величині  $p_2$ . Очевидно, що подібні системи можуть забезпечувати різні варіації фізичних впливів. Так, збільшення тиску означає зростання розчинності газу відповідно до закону Генрі, адже утворення диспергованої газової фази за бродіння відбувається на межі її рівноваги з

розчиненим CO<sub>2</sub> у рідинній фазі, а тому можливим є порушення такого стану. Рівень порушення може бути таким, який приведе до колапсу бульбашок газової фази, що є фізичним аналогом кавітаційних ефектів. Витримка середовища під досягнутим тиском  $p_2$  може бути цілком запланованою і такою, яка залежить від очікуваних технологічних і мікробіологічних ефектів. Однак витримка зі стабілізованим тиском у системі можлива лише після завершення перехідного коливального процесу в квазіпружній системі. Час перебігу перехідного процесу в значній мірі визначається дисипативними властивостями системи, а також законами силових впливів на неї. Очевидно, що тиск  $p_2$  може бути представленим лінійною або нелінійною функцією часу, утримувальної здатності, фізико-хімічних параметрів середовищ тощо. Якщо тиск  $p_2$  вважати лінійною функцією часу, то умову (3) трансформуємо до форми:

$$m_{\text{пр}} \ddot{x} = F_{\text{ан.}} p_2(\tau) + m_{\text{пр}} g - c_{\text{ад.}} x, \quad (22)$$

де  $p_2(\tau)$  — лінійна функція у формі  $p_2 = b_0 \tau$  або  $p_2 = b_0 \tau + b_1$ ;  $[b_0] = \text{Па/с}$ ;  $[b_1] = \text{Па}$  коефіцієнти із зазначеними розмірностями.

Відповідною підстановкою отримуємо:

$$\ddot{x} + \frac{c_{\text{ад.}}}{m_{\text{пр}}} x = F_{\text{ан.}} \frac{b_0}{m_{\text{пр}}} \tau + F_{\text{ан.}} \frac{b_1}{m_{\text{пр}}} + g. \quad (23)$$

Тоді

$$x = A_1 \sin \sqrt{\frac{c_{\text{ад.}}}{m_{\text{пр}}}} \tau + B_1 \cos \sqrt{\frac{c_{\text{ад.}}}{m_{\text{пр}}}} \tau + \frac{F_{\text{ан.}} b_1}{c_{\text{ад.}}} + \frac{m_{\text{пр}} g}{c_{\text{ад.}}} + \frac{F_{\text{ан.}} b_0 \tau}{c_{\text{ад.}}}. \quad (24)$$

Нехай початковим умовам також відповідає рівняння (8). За їх використання знайдемо сталі інтегрування  $A_1$  та  $B_1$ :

$$\frac{F_{\text{ан.}} p_1}{c_{\text{ад.}}} + \frac{m_{\text{пр}} g}{c_{\text{ад.}}} = B_1 + \frac{F_{\text{ан.}} b_1}{c_{\text{ад.}}} + \frac{m_{\text{пр}} g}{c_{\text{ад.}}}. \quad B_1 = \frac{F_{\text{ан.}} p_1}{c_{\text{ад.}}} - \frac{F_{\text{ан.}} b_1}{c_{\text{ад.}}} = \frac{F_{\text{ан.}}}{c_{\text{ад.}}} (p_1 - b_1). \quad (25)$$

Диференціювання (24) дозволяє записати:

$$\dot{x} = A_1 \sqrt{\frac{c_{\text{ад.}}}{m_{\text{пр}}}} \cos \sqrt{\frac{c_{\text{ад.}}}{m_{\text{пр}}}} \tau - B_1 \sqrt{\frac{c_{\text{ад.}}}{m_{\text{пр}}}} \sin \sqrt{\frac{c_{\text{ад.}}}{m_{\text{пр}}}} \tau + \frac{F_{\text{ан.}} b_0}{c_{\text{ад.}}}. \quad (26)$$

Тоді

$$0 = A_1 \sqrt{\frac{c_{\text{ад.}}}{m_{\text{пр}}}} + \frac{F_{\text{ан.}} b_0}{c_{\text{ад.}}}; \quad A_1 = -\frac{F_{\text{ан.}} b_0}{c_{\text{ад.}}} \sqrt{\frac{m_{\text{пр}}}{c_{\text{ад.}}}}. \quad (27)$$

Підстановка значень сталих інтегрування дає змогу записати:

$$x = \frac{F_{\text{ан.}}}{c_{\text{ад.}}} (p_1 - b_1) \cos \sqrt{\frac{c_{\text{ад.}}}{m_{\text{пр}}}} \tau - \frac{F_{\text{ан.}} b_0}{c_{\text{ад.}}} \sqrt{\frac{m_{\text{пр}}}{c_{\text{ад.}}}} \sin \sqrt{\frac{c_{\text{ад.}}}{m_{\text{пр}}}} \tau + \frac{F_{\text{ан.}} b_1}{c_{\text{ад.}}} + \frac{m_{\text{пр}} g}{c_{\text{ад.}}} + \frac{F_{\text{ан.}} b_0 \tau}{c_{\text{ад.}}}. \quad (28)$$

Відповідно до обраної фізичної і математичної моделі визначимо силові фактори, що стосуються квазіпружного елемента:

$$p_{\text{пр}} = c_{\text{ад.}} x = F_{\text{ап.}} (p_1 - b_1) \cos \sqrt{\frac{c_{\text{ад.}}}{m_{\text{пр}}}} \tau - F_{\text{ап.}} b_0 \sqrt{\frac{m_{\text{пр}}}{c_{\text{ад.}}}} \sin \sqrt{\frac{c_{\text{ад.}}}{m_{\text{пр}}}} \tau + F_{\text{ап.}} b_1 + m_{\text{пр}} g + F_{\text{ап.}} b_0 \tau. \quad (29)$$

Величина  $p_{\text{пр}}$  (29) в останній умові має розмірність сили і є математичною моделлю процесу. Вона стосується інерційних властивостей системи, хоча їх можливо врахувати через прискорення диференціюванням (26):

$$\ddot{x} = A_1 \frac{c_{\text{ад.}}}{m_{\text{пр}}} \sin \sqrt{\frac{c_{\text{ад.}}}{m_{\text{пр}}}} \tau - B_1 \frac{c_{\text{ад.}}}{m_{\text{пр}}} \cos \sqrt{\frac{c_{\text{ад.}}}{m_{\text{пр}}}} \tau + \frac{F_{\text{ап.}} b_0}{c_{\text{ад.}}}. \quad (30)$$

Тоді діючі сили інерції в системі відображаються залежністю:

$$p_i = m_{\text{пр}} \ddot{x} = -A_1 c_{\text{ад.}} \sin \sqrt{\frac{c_{\text{ад.}}}{m_{\text{пр}}}} \tau - B_1 c_{\text{ад.}} \cos \sqrt{\frac{c_{\text{ад.}}}{m_{\text{пр}}}} \tau + \frac{m_{\text{пр}} F_{\text{ап.}} b_0}{c_{\text{ад.}}}. \quad (31)$$

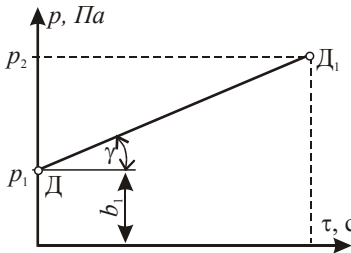


Рис. 2. Графік закону зміни тиску у часі

Відмінність виразу (31) від (29) пояснюється тим, що в останньому випадку відсутні статичні складові навантажень.

Вплив на систему змінного тиску  $p_2 = p_2(\tau)$  потребує певного обмеження через величину  $p_2 = p_{\text{max}}$  або через час  $\tau$ .

Для можливості порівнянь припустимо, що максимальні значення  $P_2$  в обох випадках збігаються. Окрім

того, припустимо, що час досягнення  $p_2 = p_{2\text{max}}$  збігається з часом досягнення

екстремуму першого випадку, у якому  $\tau_{\text{екс.}} = \pi \sqrt{\frac{m_{\text{пр}}}{c_{\text{ад.}}}}$ . Тоді співвідношення, з

яких маємо визначити параметри  $b_0$  і  $b_1$ , знайдемо із залежностей, відображених на графіку  $p_2 = p_2(\tau)$  на рис. 2.

Положення точки  $Д_1$  на графіку визначаємо перетином лінії тиску  $p_2$  і визначеного часу  $\tau_{\text{екс.}}$ . Оскільки зміни тиску починаються від величини  $p_1$ , то положення точки  $Д$  на ординаті визначає величину  $b_1$ . Таким чином  $b_1 = p_1$ . Тоді:  $\text{tg} \gamma = (p_2 - p_1) / \tau_{\text{екс.}}$ , звідси  $b_0 = \text{tg} \gamma = (p_2 - p_1) / \tau_{\text{екс.}}$ .

За визначених величин  $b_0$  та  $b_1$  умова (28) записується у формі:

$$x = -\frac{F_{\text{ап.}} (p_1 - p_2)}{c_{\text{ад.}} \tau_{\text{екс.}}} \sqrt{\frac{m_{\text{пр}}}{c_{\text{ад.}}}} \sin \sqrt{\frac{c_{\text{ад.}}}{m_{\text{пр}}}} \tau + \frac{F_{\text{ап.}} p_1}{c_{\text{ад.}}} + \frac{m_{\text{пр}} g}{c_{\text{ад.}}} + \frac{F_{\text{ап.}} (p_2 - p_1)}{c_{\text{ад.}} \tau_{\text{екс.}}} \tau. \quad (32)$$

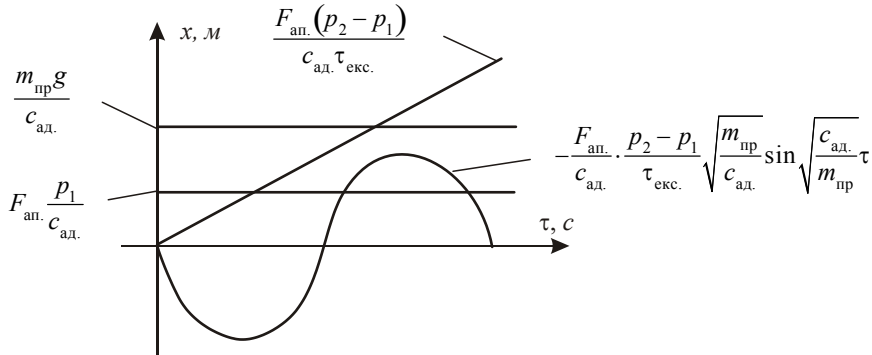


Рис. 3. Графік складових деформації квазіпружного середовища

Таким чином, за умови рівності  $b_1 = p_1$  з рівняння (28) виключається косинусоїдальна складова.

Відповідно до залежності (32) на рис. 3 наведено складові, які відображують деформацію квазіпружного середовища.

На рис. 3 також показані дві статичні та дві динамічні складові, при цьому досягнення екстремальної деформації настає суттєво пізніше, ніж у попередньому випадку. Для знаходження часу її досягнення запишемо:

$$\dot{x} = -\frac{F_{\text{ап.}}}{c_{\text{ад.}}} \cdot \frac{p_1 - p_2}{\tau'_{\text{екс.}}} \cos \sqrt{\frac{c_{\text{ад.}}}{m_{\text{пр}}}} \tau'_{\text{екс.}} + \frac{F_{\text{ап.}}(p_2 - p_1)}{c_{\text{ад.}} \tau'_{\text{екс.}}} = 0. \quad (33)$$

Розв'язання цієї умови відносно  $\tau'_{\text{екс.}}$  дає відповідь на питання стосовно часу досягнення максимальної деформації середовища.

Важливим серед можливих відгуків системи на зростання тиску в газовому середовищі, як відмічалось раніше, буде прояв у формі кавітації. Очевидно, що підвищення тиску в системі супроводжується підвищенням розчинності  $\text{CO}_2$  і максимальному насиченню при бродінні відповідає нижній шар середовища. Для нього запишемо:

$$c_{\text{нmax}} = k_{\text{Г}}(p_1 + \rho g H), \quad (34)$$

де  $k_{\text{Г}}$  — константа Генрі.

Виконання швидкоплинного розчинення диспергованої газової фази можливе за умови:

$$c_{\text{нmax}} \leq c_{\text{нкав.}}, \quad (35)$$

або 
$$k_{\text{Г}}(P_2 + \rho g H) > k_{\text{Г}}(P_1 + \rho g H), \quad (36)$$

де  $c_{\text{нкав.}}$  відповідає насиченню кавітації.

### Висновки

Оскільки генерування газової фази здійснюється у самому середовищі, то це означає, що газова і рідинна фази за показником вмісту  $\text{CO}_2$  знаходяться у стані термодинамічної рівноваги, а тому будь-яке збільшення тиску в системі

призводить спочатку до припинення виділення  $\text{CO}_2$ , а потім до зворотного розчинення диспергованої газової фази. Умовою перебігу таких процесів є підтримання ризику  $p_2$  у газовому надрідинному просторі. Подальше його зниження до величини  $p_1$  зі швидкістю, яка переважає швидкість деформації середовища, призводить до ефекту розширення стиснутої газової фази і зростання рівня. Наступний етап зростання тиску призведе до повторної реакції середовища.

### **Література**

1. *Піддубний В.А.* Наукові основи і апаратурне оформлення перехідних процесів харчових і мікробіологічних виробництв: дис. ... докт. техн. наук: 05.18.12 / Піддубний Володимир Антонович; НУХТ. — К., 2007. — 421 с.
2. *Енергетичні трансформації і енергозбереження в харчових технологіях:* Монографія / А.І. Соколенко, А.А. Мазаракі, В.А. Піддубний та ін. — К.: Фенікс, 2012. — 484 с.
3. *Дейч М.Г.* Газодинамика двухфазных сред / М.Г. Дейч. — М.: Наука, 1968. — 424 с.
4. *Асланов С.К.* Гидродинамическая неустойчивость и математическое моделирование процесса механического разрушения жидкой поверхности / Вестник ОДУ. — Одесса, 2001. — Т. 5, вып. 3. — С. 94—102.
5. *Нигматулин Р.И.* Динамика многофазных сред / Р.И. Нигматулин. — М.: Наука, 1987. — 464 с.

## **ОСОБЕННОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ ГАЗОЖИДКОСТНЫХ СИСТЕМ**

**В.М. Криворотько**

*Национальный университет пищевых технологий*

*В статье приведена информация, которая касается методов и возможностей энергетических потенциалов газожидкостных сред. Показано, что газодерживающая способность системы является фактором определения энергии циркуляционных контуров и, одновременно, отражением геометрии бродильных аппаратов. Предложены методики создания динамических систем сред, определения перехода от газожидкостных систем в квазиупругие с возможностями использования уравнений динамики при описании переходных процессов. Предложены математические модели газожидкостных сред.*

**Ключевые слова:** *система, среда, газовая фаза, квазиупругий потенциал, газодерживающая способность, бродильный аппарат.*



## **MATHEMATICAL MODELING OF MASS TRANSFER IN VIBROEXTRACTION FROM PLANT MATERIALS UNDER COMBINED ACTION MECHANICAL VIBRATIONS OF DIFFERENT FREQUENCIES**

V. Zavialov, V. Dekanskiy, A. Lobok, T. Misyura  
*National University of Food Technologies*

---

**Key words:**

*Mathematical modeling  
Mass transfer  
Low-frequency  
mechanical vibrations  
High-frequency  
mechanical vibrations  
Vibroextraction*

---

**Article history:**

Received 03.11.2014  
Received in revised form  
17.11.2014  
Accepted 28.11.2014

---

**Corresponding author:**

V. Zavialov  
**E-mail:**  
npnuht@ukr.net

---

**ABSTRACT**

The results of analytical and experimental studies of the kinetics of vibroextraction with intermediate extraction of vegetable raw materials and simultaneous effect on the working environment of low- and high-frequency mechanical vibrations are shown. To describe its kinetics, the convective diffusion equation is suggested, taking into account the peculiarities of mass transfer of a substance at all its scales. Taking into account the characteristics of the batch process, some results of computational experiments are presented, reflecting the dynamics of change in the current saturation concentration of target components of the extractant in time at different hydraulic kit. Verification of the adequacy of mathematical description of the process confirms its high accuracy. Thus, this mathematical model can be used as a basis for modeling the vibroextraction under the combined action of various physical effects on interacting phase.

---

## **МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ МАСОБМІНУ ПРИ ВІБРОЕКСТРАГУВАННІ ІЗ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ В УМОВАХ КОМБІНОВАНОЇ ДІЇ МЕХАНІЧНИХ КОЛИВАНЬ РІЗНОЇ ЧАСТОТИ**

В.Л. Зав'ялов, В.Є. Деканський, О.П. Лобок, Т.Г. Мисюра  
*Національний університет харчових технологій*

*У статті представлено результати аналітичних та експериментальних досліджень кінетики процесу віброекстрагування з проміжним віджимом рослинної сировини й одночасним впливом на робоче середовище низько- і височастотних механічних коливань. Для опису його кінетики запропоновано рівняння конвективної дифузії, що враховує особливості масоперенесення речовини на всіх його масштабних рівнях. З урахуванням характерних особливостей періодичного процесу представлено результати обчислювальних експериментів, що відображають динаміку зміни поточної концентрації насичення цільовими компонентами екстрагенту в часі за різних гідромодулів. Перевірка на адекват-*

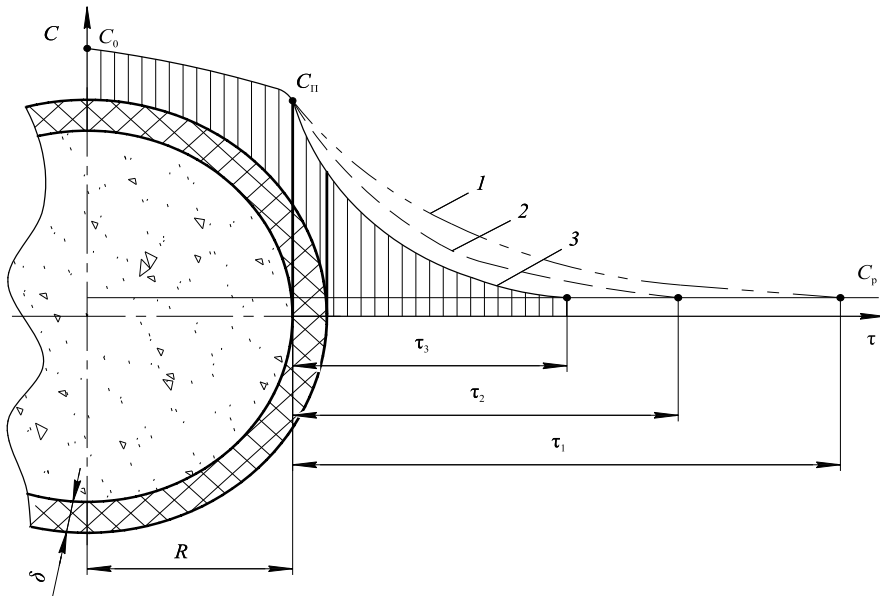
*ність математичного опису процесу підтверджує достатньо високу його точність. Запропонована математичка модель може бути взята за основу для моделювання віброекстрагування в умовах комбінованої дії різних фізичних ефектів на взаємодіючі фази.*

**Ключові слова:** *математичне моделювання, масообмін, низькочастотні механічні коливання, високочастотні механічні коливання, віброекстрагування.*

**Вступ.** У сучасних харчових технологіях стадія вилучення цільових компонентів із рослинної сировини, внаслідок недосконалості існуючого екстрагуювального обладнання, є найбільш повільною й енерговитратною. Інтенсифікація цього складного процесу досягається збільшенням швидкостей відносного руху фаз, створенням великих поверхонь їх контакту, відповідним регулюванням технологічних параметрів ведення процесу (температури, гідромодуля тощо), а також застосуванням нових технологій і методів комбінованої дії на взаємодіючі фази різних фізичних ефектів [1, 2]. У зв'язку з цим широкі перспективи можуть мати віброекстрактори з комбінованим підведенням коливальної низькочастотної й високочастотної дії на робоче середовище. Високоамплітудні та низькочастотні механічні коливання сприятимуть інтенсифікації конвективного зовнішнього масоперенесення, а низькоамплітудні й високочастотні — спрямовані на інтенсифікацію молекулярної та конвективної дифузії. Проведені нами відповідні дослідження на лабораторному віброекстракторі періодичної дії показали перспективність використання таких заходів при вилученні цільових компонентів із рослинної сировини зернового походження [3].

Разом з тим, розвиток методів розрахунку та математичного моделювання процесів з інтенсивним перемішуванням фаз і комбінованим впливом на них додаткових фізичних ефектів, в тому числі віброекстракційних, стримується недостатньою вивченістю явища масоперенесення в умовах багатофазової турбулентності [4], тому **метою дослідження** є побудова й аналіз математичного моделювання масообміну на прикладі процесу періодичного віброекстрагуванні із рослинної сировини зернового походження. Технологічні властивості такої сировини визначаються її структурою, а також співвідношенням мас окремих анатомічних частин з певним хімічним складом. Після подрібнення частинки зерна набувають певної однорідності як за вмістом білка в окремих своїх ділянках, так і за механічними та фізико-хімічними властивостями, що впливатиме на умови екстрагування. При цьому найбільший варіант гідродинаміки процесу ґрунтуватиметься на створенні псевдозрідженого шару сировини, який успішно може бути реалізований в екстракторах з вібраційним способом перемішування робочого середовища. Крім того, використання додаткових фізичних ефектів інтенсифікації внутрішнього масоперенесення, таких як проміжний віджим і високочастотні механічні коливання у поєднанні з активною турбулізацією всього робочого об'єму, дасть позитивні результати щодо глибини вилучення цільових компонентів і зменшення тривалості процесу.

**Вклад основного матеріалу.** Розглянемо кінетику процесу, припустивши найбільш просту форму подрібненої частинки — кулеподібну радіусом  $R$  за схемою розподілення концентрації цільового компонента — білка, що складає близько 20 % об'єму частинки. Під час проведення процесу в неактивному режимі (переміщення речовини за рахунок масо провідності) процес визначатиметься дифузійними властивостями частинки, її фізико-хімічним станом, а також ступенем впливу передбачених фізичних ефектів на інтенсифікацію масообміну — проміжного віджиму, і механічними коливаннями високої (20 000 Гц) та низької (до 10 Гц) частоти. Характер концентраційних кривих (схема на рис. 1) відбиває вплив на кінетику процесу кожного з цих фізичних ефектів.



**Рис. 1.** Схема розподілення концентрацій цільового компонента в подрібненій рослинній сировині зернового походження: 1 — концентраційна крива під час дії на робоче середовище низькочастотних механічних коливань; 2 — концентраційна крива під час дії на робоче середовище низькочастотних механічних коливань і проміжного віджиму сировини; 3 — концентраційна крива під час дії на робоче середовище низько- і високочастотних механічних коливань, а також проміжного віджиму сировини; 4 — лінія рівноважних концентрацій;  $C_0$  — початкова концентрація речовини в сировині на момент часу  $\tau_0 = 0$ ;  $C_{II}$  — початкова концентрація речовини на межі поділу фаз на момент часу  $\tau_0 = 0$ ;  $C_p$  — рівноважна концентрація речовини в ядрі потоку екстрагента;  $\tau_1, \tau_2, \tau_3$  — час досягнення рівноважного стану системи, що відповідає кривим 1, 2 та 3

Враховуючи характерні особливості періодичного процесу віброекстрагування з проміжним віджимом рослинної сировини й одночасним впливом на робоче середовище низько- та високочастотних механічних коливань, для опису його кінетики пропонується рівняння конвективної дифузії, що враховує особливості масоперенесення речовини на всіх його масштабних рівнях:

$$\begin{cases} \frac{dC(\tau)}{d\tau} = k(C(\tau), q)(C_p - C(\tau)) + \alpha(C_p - C(\tau))e^{\beta(C_p - C(\tau))}, \\ C(\tau_0) = C_0 \end{cases} \quad (1)$$

де  $k(C(\tau), q)$  — коефіцієнт масопередачі;  $\alpha, \beta$  — постійні параметри;  $C_p$  — рівноважна концентрація матеріалу.

Для врахування ефекту проміжного віджиму твердої фази в робочому об'ємі апарата, заявленої конструкції вібраційного екстрактора періодичної дії [5], приймаємо, що коефіцієнт масопередачі  $k(C(\tau), q)$  залежить від поточної концентрації  $C_i(\tau)$  та гідромодуля  $q$ .

Якщо  $k(C(\tau), q)$  стала, тобто є незалежною від зміни концентрації, гідромодуля та інших важелів процесу, то перший доданок правої частини першого рівняння системи (1) характеризуватиме вплив низькочастотних механічних коливань на процес вилучення цільових компонентів.

Другий доданок правої частини першого рівняння системи (1) характеризуватиме ефект впливу високочастотних механічних коливань, генерованих високочастотним випромінювачем, що встановлений у робочій зоні апарата.

У цій складовій першого рівняння системи (1) параметри  $\alpha$  і  $\beta$  є емпіричними коефіцієнтами, що визначаються за результатами експериментів і враховують перенесення речовини на мікрорівні, тобто в масштабах самої частинки твердої фази.

З урахуванням результатів проведених досліджень була прийнята модель для ідентифікації коефіцієнта масопередачі, яка узагальнює математичну модель, представлену в [6]:

$$k(C(\tau), q) = a_1(q) + a_2(q)(C_p - C(\tau)) + a_3(q)(C_p - C(\tau))^2, \quad (2)$$

де  $a_1(q), a_2(q), a_3(q)$  — функціональні параметри, що залежать від гідромодуля  $q$  і визначаються експериментальним шляхом.

Зважаючи на складність представленого математичного опису процесу, для розв'язання рівняння (1) можуть бути використані лише числові методи, що реалізовані в математичних пакетах інтегрованих систем MathCAD, Matlab тощо.

Для визначення невідомих параметрів  $a_1(q), a_2(q), a_3(q)$  моделі, що не враховує високочастотне випромінювання

$$\begin{cases} \frac{dC(\tau)}{d\tau} = k(C(\tau), q)(C_p - C(\tau)), \\ C(\tau_0) = C_0 \end{cases} \quad (3)$$

був використаний метод найменших квадратів, відповідно до якого будувалась функція нев'язки виду:

$$F(a_1(q), a_2(q), a_3(q)) = \sum_{i=1}^n (y_i - C(\tau_i, a_1(q), a_2(q), a_3(q)))^2, \quad (4)$$

де  $y_i$  — результат  $i$ -го виміру;  $C(\tau_i, a_1(q), a_2(q), a_3(q))$  — розв'язок задачі Коші (3) в момент часу  $\tau_i$  при поточних значеннях параметрів  $a_1(q), a_2(q), a_3(q)$ ;  $n$  — кількість вимірювань.

Ці невідомі параметри знаходилися шляхом мінімізації функції (3); тобто з умови:

$$F(a_1(q), a_2(q), a_3(q)) = \sum_{i=1}^n (y_i - C(\tau_i, a_1(q), a_2(q), a_3(q)))^2 \rightarrow \min_{a_1(q), a_2(q), a_3(q)}.$$

Для розв'язання останньої оптимізаційної задачі використовувалися різні модифікації градієнтних методів, зокрема метод змінної метрики, Левенберга-Марквардта та інші.

Як приклад, нижче представлені результати деяких обчислювальних експериментів, які проводились на основі експериментальних даних, що наведені в табл. 1.

*Таблиця 1. Експериментальні значення вмісту екстрактивних речовин в екстракті*

$\tau$ , хв	5	10	15	20	25	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140
$q = 15$	1,4	2	2,2	2,5	2,6	3,4	3,5	3,8	4	4,1	4,3	4,3	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7
$q = 20$	1,2	1,4	1,8	2,3	2,5	3,3	3,5	3,7	4	4,1	4,2	4,2	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4
$q = 25$	1	1,1	1,4	2	2,5	3,3	3,5	3,6	4	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1
$q = 30$	1	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,5	1,6	1,6	1,7	1,7	1,7	1,8	1,8	1,8	1,8

У табл. 2 наведені обчислені значення параметрів  $a_1(q), a_2(q), a_3(q)$  математичної моделі виду:

$$\begin{cases} \frac{dC(\tau)}{d\tau} = \left[ a_1(q) + a_2(q)(C_p - C(\tau)) + a_3(q)(C_p - C(\tau))^2 \right] (C_p - C(\tau)) \\ C(\tau_0) = C_0 \end{cases} \quad (5)$$

для різних значень гідромодуля  $q = (15, 20, 25, 30)$  за відсутності ультразвукового випромінювання.

*Таблиця 2. Значення емпіричних коефіцієнтів у системі (5)*

$q$	$a_1(q)$	$a_2(q)$	$a_3(q)$
15	0,04834	-0,0279	0,00812
20	0,09964	-0,03909	0,0057
25	0,05486	-0,01889	0,00427
30	0,05745	-0,17235	0,1963

На основі табл. 2 були одержані такі аналітичні залежності:

$$\begin{aligned} a_1(q) &= -2,11654 + 0,30225q - 0,0134q^2 + 1,91267 \cdot 10^{-4}q^3; \\ a_2(q) &= 2,24451 - 0,34546q + 0,01703q^2 - 2,734 \cdot 10^{-4}q^3; \\ a_3(q) &= -1,90338 + 0,30036q - 0,01538q^2 + 2,56627 \cdot 10^{-4}q^3, \end{aligned}$$

графіки яких представлено на рис. 2.

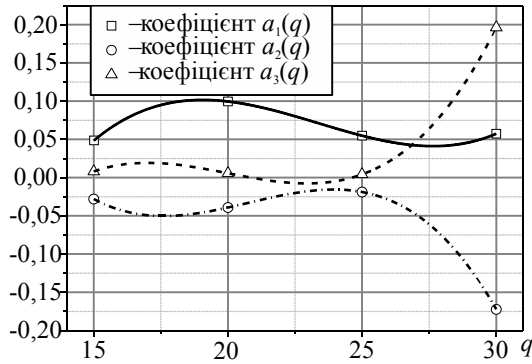


Рис. 2. Графіки залежності емпіричних коефіцієнтів  $a_1(q)$ ,  $a_2(q)$ ,  $a_3(q)$  математичної моделі (5) від гідромодуля  $q$

На рис. 3 представлені результати обчислювальних експериментів, що відображають динаміку зміни поточної концентрації насичення цільовими компонентами екстрагенту в часі за різних гідромодулів.

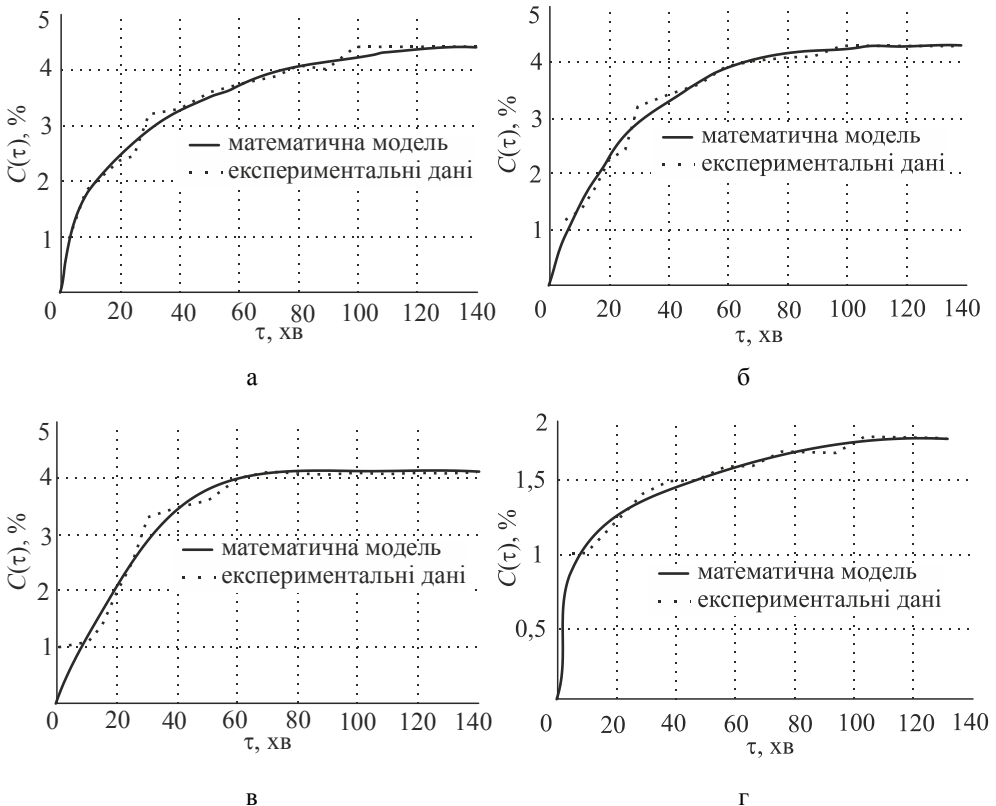


Рис. 3. Динаміка зміни поточної концентрації насичення цільовими компонентами екстрагенту в часі при гідромодулі: а)  $q = 15$ ; б)  $q = 20$ ; в)  $q = 25$ ; г)  $q = 30$

### **Висновки**

Таким чином, представлені результати аналітичних та експериментальних досліджень підтверджують досить високу точність, яка в середньому становила близько 1,5 % запропонованої математичної моделі, що може бути взята за основу для моделювання процесу віброекстрагування в умовах комбінованої дії різних фізичних ефектів на взаємодіючі фази.

### **Література**

1. *Новый справочник химика и технолога. Процессы и аппараты химических технологий. Часть 2, разд. 16 / под ред. Е.В. Иванова.* — СПб.: НПО «Профессионал», 2006. — С. 444—518.
2. *Зав'ялов В.Л.* Наукове обґрунтування та апаратурне оформлення процесів віброекстрагування в харчовій промисловості: дис. ... докт. техн. наук. 05.18.2012 / В.Л. Зав'ялов; НУХТ. — 2014. — 310 с.
3. *Зав'ялов В.Л.* Закономірності впливу низько і високочастотних механічних коливань на зовнішній масообмін при періодичному віброекстрагуванні / В.Л. Зав'ялов, В.Є. Деканський // Наукові праці НУХТ. — 2014. — № 2. — С. 124—129.
4. *Белоглазов И.Н.* Твердофазные экстракторы / И.Н. Белоглазов. — Ленинград: «Химия». Ленинградское отделение, 1985. — 239 с.
5. *Патент 103838* Україна, МПК В 01 D 11/02 (2006.01). Вібраційний екстрактор періодичної дії з комбінованим енергопідведенням / В.Л. Зав'ялов, В.Є. Деканський, Н.В. Попова, Т.Г. Мисюра, В.С. Бодров, Ю.В. Запорожець. — № а 2012 08141; заявл. 03.07.12; опубл. 25.11.13, Бюл. № 22.
6. *Зав'ялов В.Л.* Математичний опис зовнішнього масообміну при екстрагуванні із рослинної сировини в умовах нестационарного масоперенесення / В.Л. Зав'ялов // Наукові праці НУХТ. — 2013. — № 51. — С. 64—70.

## **МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МАСООБМЕНА ПРИ ВИБРОЭКСТРАГИРОВАНИИ ИЗ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ В УСЛОВИЯХ КОМБИНИРОВАННОГО ДЕЙСТВИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ РАЗЛИЧНЫХ ЧАСТОТ**

**В.Л. Завьялов, В.Е. Деканский, А.П. Лобок, Т.Г. Мисюра**  
*Национальный университет пищевых технологий*

*В статье представлены результаты аналитических и экспериментальных исследований кинетики процесса виброэкстрагирования с промежуточным отжимом растительного сырья и одновременным воздействием на рабочую среду низко- и высокочастотных механических колебаний. Для описания его кинетики предложено уравнение конвективной диффузии, учитывающее особенности массопереноса вещества на всех его масштабных уровнях. С учетом характерных особенностей периодического процесса представлен ряд результатов вычислительных экспериментов, отражающих динамику*

изменения текущей концентрации насыщения целевыми компонентами экстрагента во времени при различных гидромодулях. Проверка на адекватность математического описания процесса подтверждает достаточно высокую его точность. Таким образом, данная математическая модель может быть взята за основу для моделирования виброэкстрагирования в условиях комбинированного действия различных физических эффектов на взаимодействующие фазы.

**Ключевые слова:** математическое моделирование, массообмен, низкочастотные механические колебания, высокочастотные механические колебания, виброэкстрагирование.



## APPROXIMATION OF VOLT-AMPERE CHARACTERISTICS OF METAL-OXIDE SURGE ARRESTERS

V. Brzhezitsky, I. Masluchenko, Ye. Trotsenko, D. Krysenko  
*National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute"*

---

**Key words:**

*Metal-oxide surge arrester*  
*Switching overvoltages*  
*Lightning overvoltages*  
*Volt-ampere characteristic*  
*Approximation*

**Article history:**

Received 27.09.2014  
Received in revised form  
30.10.2014  
Accepted 14.11.2014

**Corresponding author:**

V. Brzhezitsky  
**E-mail:**  
npnuht@ukr.net

---

**ABSTRACT**

In this article the questions of approximation of volt-ampere characteristics of metal-oxide surge arresters in operating conditions are observed. One common expression is offered for analytical presentation of volt-ampere characteristics of metal-oxide surge arresters. For a nonlinear regressive analysis was used passport data of metal-oxide surge arresters, intended for installation in the 110—750 kV electric networks of Ukraine. The proposed analytical expression gives possibility to unify further calculation of protective levels of metal-oxide surge arresters under the presence of switching overvoltages and lightning overvoltages.

## АПРОКСИМАЦІЯ ВОЛЬТ-АМПЕРНОЇ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОБМЕЖУВАЧІВ ПЕРЕНАПРУГ НЕЛІНІЙНИХ

В.О. Бржезицький, І.М. Маслюченко, Є.О. Троценко, Д.С. Крисенко  
*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»*

*У статті розглянуто питання апроксимації вольт-амперної характеристики обмежувачів перенапруг нелінійних у робочих режимах. Для аналітичного представлення вольт-амперних характеристик обмежувачів перенапруг нелінійних запропоновано один загальний вираз. Для нелінійного регресійного аналізу використано паспортні дані обмежувачів перенапруг нелінійних, призначених для встановлення в електричних мережах України класів напруги 110—750 кВ. Отриманий аналітичний вираз надає можливість уніфікації розрахунків захисних рівнів обмежувачів перенапруг нелінійних при дії комутаційних і грозових перенапруг.*

**Ключові слова:** *обмежувач перенапруг нелінійний, комутаційні перенапруги, грозові перенапруги, вольт-амперна характеристика, апроксимація.*

**Вступ.** Розрахунок перенапруг і перехідних процесів в електричних системах та мережах потребує детального опису елементів, які входять до їх

складу. До таких елементів відносяться і обмежувачі перенапруг нелінійні (ОПН), робота яких базується на специфічному виді вольт-амперної характеристики. Важливим параметром вольт-амперної характеристики ОПН є коефіцієнт нелінійності матеріалу їх варисторів, значення якого змінюється залежно від струму, що протікає через варистор. На даний час існують лише спрощені моделі вольт-амперної характеристики ОПН, в яких замість загальної моделі робочої області (комутаційних і грозових перенапруг) представлені дві окремі області (окремо область комутаційних та область грозових перенапруг) з різними коефіцієнтами нелінійності. Такий підхід не дозволяє проводити розрахунки та дослідження перенапруг у всьому діапазоні імпульсних струмів ОПН.

**Актуальність дослідження:** завдяки проведеному дослідженню досягнуто принципово нового результату — обмеження перенапруг в електричних мережах на основі багатоваріантних оптимізаційних розрахунків рівнів перенапруг для конкретних ділянок реальних електричних мереж.

**Метою роботи** є знаходження єдиної аналітичної апроксимації вольт-амперних характеристик ОПН для області комутаційних і грозових перенапруг.

**Методи дослідження.** У загальновідомому представленні вольт-амперна характеристика ОПН визначається виразом:

$$U(I) = A \cdot I^\alpha, \quad (1)$$

де  $\alpha$  — коефіцієнт нелінійності матеріалу варисторів;  $A$  — стала, яка залежить від матеріалу та розмірів зразка варистора.

Нагадаємо, що в типовій вольт-амперній характеристиці варистора ОПН для всього діапазону значень струму в нормальних робочих режимах і в режимах обмеження перенапруг різного типу виділяють три ділянки, які відповідають характерним областям значень цієї характеристики [1]. Перша ділянка (в області струмів  $I < 10^{-6}$  А) визначає роботу ОПН при тривалих робочих напругах промислової частоти та характеризується відносно великим коефіцієнтом нелінійності ( $\alpha \geq 0,1$ ), суттєвою залежністю вольт-амперної характеристики від температури й фактично ємнісним струмом, що протікає через варистори. Друга та третя ділянки визначають режим роботи ОПН при комутаційних (а також квазістаціонарних перенапругах) і грозових перенапругах. Для цих робочих ділянок (з діапазоном струмів  $I = 10^{-4}$ — $10^4$  А) характерні значно менші значення коефіцієнта нелінійності ( $\alpha = 0,015$ — $0,04$ ), незначна залежність вольт-амперної характеристики від температури, яка фактично визначається температурою оточуючого середовища й активним струмом, що протікає через варистори.

У зв'язку з цим коефіцієнт нелінійності  $\alpha$  можна охарактеризувати залежністю від струму, що протікає через варистор. Наприклад, коефіцієнт нелінійності  $\alpha$  в діапазоні малих робочих струмів знаходиться в діапазоні  $\alpha = 0,02$ — $0,03$ , а в діапазоні великих робочих струмів  $I$  в діапазоні  $\alpha = 0,03$ — $0,1$ . Усереднені значення  $\alpha$  в залежності від струму  $I$  наведені в табл. 1.

**Таблиця 1. Усереднені значення коефіцієнта нелінійності  $\alpha$  металоокисних варисторів, згідно з [1]**

$I, A$	$10^{-4}$	$10^{-3}$	$10^{-2}$	$10^{-1}$	1	10	100	500	1500
$\alpha$	0,02				0,03	0,04	0,06	0,1	

Для подальшого розвитку теорії перехідних процесів і досліджень перенапруг існує необхідність у такому аналітичному представленні вольт-амперної характеристики ОПН, який був би загальним для двох останніх із зазначених вище ділянок — області комутаційних і грозових перенапруг.

Розглянемо певну вибірку ОПН зарубіжного виробництва з максимальною напругою обладнання 123, 245, 362, 550 та 800 кВ, призначених для встановлення в електричних мережах України класів напруги, відповідно, 110, 220, 330, 500 та 750 кВ [2, 3]. Залежність максимальної залишкової напруги  $U$  від максимального значення струму  $I$  для цих ОПН наведена в табл. 2—6. Зазначимо, що перші три рядки табл. 2—6 відповідають комутаційним імпульсам струму форми 30/60 мкс, а останні три — грозовим імпульсам струму форми 8/20 мкс. Також зазначимо, що в табл. 2—6 авторами використано таке умовне позначення ОПН: ОПН-XXX- $Y$ , де XXX — максимальна робоча напруга обладнання, кВ;  $Y$  — порядковий номер ОПН, що розглядається.

**Таблиця 2. Вхідні паспортні дані для апроксимації вольт-амперної характеристики ОПН при максимальній напрузі обладнання 123 кВ**

$I, A$	$U, kV$				
	ОПН-123-1	ОПН-123-2	ОПН-123-3	ОПН-123-4	ОПН-123-5
500	177	184	208	196	220
1000	181	189	216	201	229
2000	190	198	227	211	240
5000	208	216	251	230	266
10000	221	230	270	245	286
20000	245	255	302	272	320

**Таблиця 3. Вхідні паспортні дані для апроксимації вольт-амперної характеристики ОПН при максимальній напрузі обладнання 245 кВ**

$I, A$	$U, kV$				
	ОПН-245-1	ОПН-245-2	ОПН-245-3	ОПН-245-4	ОПН-245-5
500	392	354	369	365	404
1000	407	362	378	374	420
2000	428	380	396	392	441
5000	473	415	433	424	488
10000	509	442	461	451	525
20000	570	491	512	496	588

**Таблиця 4. Вхідні паспортні дані для апроксимації вольт-амперної характеристики ОПН при максимальній напрузі обладнання 362 кВ**

$I, A$	$U, kV$				
	ОПН-362-1	ОПН-362-2	ОПН-362-3	ОПН-362-4	ОПН-362-5
1	2	3	4	5	6
500	530	526	553	548	662
1000	543	539	567	562	679

1	2	3	4	5	6
2000	569	565	594	589	712
5000	622	610	650	636	778
10000	662	649	691	677	828
20000	735	714	767	745	919

**Таблиця 5. Вхідні паспортні дані для апроксимації вольт-амперної характеристики ОПН при максимальній напрузі обладнання 550 кВ**

I, А	U, кВ				
	ОПН-550-1	ОПН-550-2	ОПН-550-3	ОПН-550-4	ОПН-550-5
500	747	742	753	748	792
1000	774	759	780	765	821
2000	802	786	808	792	850
5000	865	839	872	846	918
10000	911	883	918	890	966
20000	993	954	1001	961	1053

**Таблиця 6. Вхідні паспортні дані для апроксимації вольт-амперної характеристики ОПН при максимальній напрузі обладнання 800 кВ**

I, А	U, кВ			
	ОПН-800-1	ОПН-800-2	ОПН-800-3	ОПН-800-4
500	1068	1101	1118	1147
1000	1093	1127	1145	1174
2000	1131	1167	1185	1215
5000	1207	1245	1264	1297
10000	1271	1311	1331	1365
20000	1373	1416	1437	1474

Аналіз найбільш поширених апроксимуючих функцій зв'язку [4] показав, що жодна з них не дає високої точності (максимальна відносна похибка може досягати 5 % в діапазоні струмів  $I = 500\text{—}20000$  А. Подальший аналіз показав, що зв'язок між  $I$  (А) та  $U$  (кВ), як для грозових імпульсів струму форми 8/20 так і для комутаційних форми 30/60 мкс, може бути представлений залежністю:

$$U(I) = a + b \cdot (\lg(I))^k \quad (2)$$

Значення параметрів  $a$ ,  $b$  і  $k$ , є індивідуальними для кожного типу ОПН та мають бути визначені статистично. Основна складність полягає в тому, що рівняння (2) не може бути приведене до лінійного виду, а отже, використання загальновідомого методу найменших квадратів суттєво ускладнюється.

Проведені дослідження показали, що дана задача може бути вирішена із застосуванням так званого «методу середніх» [4], потрібного для формування системи нелінійних рівнянь, яку необхідно вирішити чисельними методами.

**Результати і обговорення.** Згідно з «методом середніх», параметри емпіричної формули визначають з однієї умови — умови рівності нулю суми всіх відхилень спостережуваної величини від середнього значення [4]. В

даній задачі маємо три невідомих параметри  $a$ ,  $b$  і  $k$ , отже необхідно скласти систему з трьох рівнянь. Для отримання необхідної кількості рівнянь потрібно обрати із загальної кількості пар спостережень ( $I_i$ ,  $U_i$ ) третину (або приблизно третину, якщо кількість пар спостережень не кратна трьом) і суму їх відхилень прирівняти нулю. Потім необхідно прирівняти нулю суму відхилень, відповідно, другої та третьої третин даних. Таким чином буде отримана система рівнянь:

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^{m_1} (a + b \cdot (\lg(I_i))^k - U_i) = 0 \\ \sum_{i=m_1+1}^{m_2} (a + b \cdot (\lg(I_i))^k - U_i) = 0 \\ \sum_{i=m_2+1}^n (a + b \cdot (\lg(I_i))^k - U_i) = 0 \end{cases} \quad (3)$$

Після всіх перетворень системи рівнянь (3) отримуємо систему:

$$\begin{cases} a \cdot m_1 + b \cdot \sum_{i=1}^{m_1} (\lg(I_i))^k = \sum_{i=1}^{m_1} U_i \\ a \cdot (m_2 - m_1) + b \cdot \sum_{i=m_1+1}^{m_2} (\lg(I_i))^k = \sum_{i=m_1+1}^{m_2} U_i \\ a \cdot (n - m_2) + b \cdot \sum_{i=m_2+1}^n (\lg(I_i))^k = \sum_{i=m_2+1}^n U_i \end{cases} \quad (4)$$

Для даних з табл. 2—6:  $m_1 = 2$ ,  $m_2 = 4$ ,  $n = 6$ .

Далі для кожного типу ОПН з табл. 2—6 система нелінійних рівнянь була вирішена за допомогою метода Ньютона-Рафсона [4, 5]. Оскільки алгоритм вирішення систем нелінійних рівнянь за цим методом неодноразово висвітлений в літературі [4, 5], наводити його в даній статті не варто. Отримані для кожного типу ОПН параметри  $a$ ,  $b$  і  $k$  зведемо в табл. 7—11. Також для кожного типу ОПН було розраховано максимальне абсолютне значення відносної похибки запропонованої апроксимації на інтервалі  $I = 500$ — $20000$  А за формулою:

$$\delta = \left| \frac{U^* - U}{U} \cdot 100 \right|, \quad (5)$$

де  $U^*$  — значення максимальної залишкової напруги (кВ), розраховане за формулою (2);  $U$  — паспортне значення максимальної залишкової напруги, кВ. Результати проведених розрахунків максимального абсолютного значення відносної похибки апроксимації також занесені в табл. 7—11.

**Таблиця 7. Результати апроксимації вольт-амперної характеристики ОПН при максимальній напрузі обладнання 123 кВ**

№ з/п	Умовне позначення ОПН	Параметр $a$ у формулі (2)	Параметр $b$ у формулі (2)	Параметр $k$ у формулі (2)	Максимальна відносна похибка $\delta$ , %
1	2	3	4	5	6

## ТЕПЛО- І ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ

Продовження табл. 7

1	2	3	4	5	6
1	ОПН-123-1	163,394465	0,233081	3,998896	0,892
2	ОПН-123-2	171,114047	0,205385	4,105179	0,846
3	ОПН-123-3	191,953962	0,259253	4,135126	0,739
4	ОПН-123-4	181,899557	0,225080	4,090424	0,904
5	ОПН-123-5	203,679817	0,256765	4,180088	0,718

**Таблиця 8. Результати апроксимації вольт-амперної характеристики ОПН при максимальній напрузі обладнання 245 кВ**

№ з/п	Умовне позначення ОПН	Параметр $a$ у формулі (2)	Параметр $b$ у формулі (2)	Параметр $k$ у формулі (2)	Максимальна відносна похибка $\delta$ , %
1	ОПН-245-1	361,831278	0,479808	4,149519	0,777
2	ОПН-245-2	328,885331	0,368611	4,155249	0,885
3	ОПН-245-3	343,608393	0,366456	4,185704	0,860
4	ОПН-245-4	339,507910	0,445882	4,003286	0,704
5	ОПН-245-5	373,556310	0,477420	4,173502	0,764

**Таблиця 9. Результати апроксимації вольт-амперної характеристики ОПН при максимальній напрузі обладнання 362 кВ**

№ з/п	Умовне позначення ОПН	Параметр $a$ у формулі (2)	Параметр $b$ у формулі (2)	Параметр $k$ у формулі (2)	Максимальна відносна похибка $\delta$ , %
1	ОПН-362-1	492,956857	0,553350	4,151712	0,872
2	ОПН-362-2	490,066059	0,613577	4,029557	0,726
3	ОПН-362-3	513,133739	0,638734	4,085537	0,902
4	ОПН-362-4	510,852723	0,629452	4,042840	0,717
5	ОПН-362-5	614,118290	0,771062	4,082289	0,889

**Таблиця 10. Результати апроксимації вольт-амперної характеристики ОПН при максимальній напрузі обладнання 550 кВ**

№ з/п	Умовне позначення ОПН	Параметр $a$ у формулі (2)	Параметр $b$ у формулі (2)	Параметр $k$ у формулі (2)	Максимальна відносна похибка $\delta$ , %
1	ОПН-550-1	697,556507	1,243824	3,733893	0,740
2	ОПН-550-2	702,699986	0,689728	4,031530	0,471
3	ОПН-550-3	703,345687	1,236132	3,742933	0,755
4	ОПН-550-4	707,974767	0,714488	4,012406	0,456
5	ОПН-550-5	739,316965	1,347231	3,719994	0,751

**Таблиця 11. Результати апроксимації вольт-амперної характеристики ОПН при максимальній напрузі обладнання 800 кВ**

№ з/п	Умовне позначення ОПН	Параметр $a$ у формулі (2)	Параметр $b$ у формулі (2)	Параметр $k$ у формулі (2)	Максимальна відносна похибка $\delta$ , %
1	2	3	4	5	6
1	ОПН-800-1	1013,845314	0,898860	4,095555	0,436

1	2	3	4	5	6
2	ОПН-800-2	1043,269859	1,012368	4,039190	0,450
3	ОПН-800-3	1060,272621	1,008346	4,049585	0,434
4	ОПН-800-4	1087,086751	1,050453	4,039477	0,449

### Висновки

Виконана задача наближеного аналітичного представлення вольт-амперних характеристик обмежувачів перенапруг нелінійних єдиним виразом для можливості подальшої уніфікації розрахунків захисних рівнів ОПН при дії комутаційних і грозових перенапруг.

Проведені розрахунки показали, що для ОПН, призначених для встановлення в електричних мережах України класів напруги 110—750 кВ, максимальна відносна похибка запропонованої апроксимації вольт-амперної характеристики не перевищує 1 % в інтервалі нормованих струмів комутаційних і грозових перенапруг.

### Література

1. Аронов М.А. Ограничители перенапряжений в электроустановках 6-750 кВ / М.А. Аронов. — М.: «Знак», 2001. — 232 с.

2. Бржезицкий В. А., Онищенко В. А., Троценко Е. А., Юхименко М. А. Разработка методических указаний по выбору ограничителей перенапряжений для электрических сетей 110-750 кВ / Технічна електродинаміка. Тематичний випуск "Проблеми сучасної електротехніки". — 2008. — Ч. 6.

3. СОУ-Н ЕЕ 40.12-00100227-47:2011 Обмежувачі перенапруг нелінійні напругою 110-750 кВ. Настанова щодо вибору та застосування. Затверджено Міністерством енергетики України. Наказ № 136 від 19.05.2011. Розроблено: НТУУ «КПІ» (кафедра техніки і електрофізики високих напруг) / В. Бржезицький, Д. Крисенко. — Київ: ДП «НЕК» «Укренерго», 2011. — 44 с.

4. Львовский Е.Н. Статистические методы построения эмпирических формул: [учеб. пособие для вузов] / Е.Н. Львовский. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Высш. шк., 1988. — 239 с.

5. Chapra S.C., Canale R.P. Numerical methods for engineers. Sixth edition. — New York: The McGraw-Hill Companies, Inc., 2010. — 968 p.

## АПРОКСИМАЦИЯ ВОЛЬТ-АМПЕРНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОГРАНИЧИТЕЛЕЙ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ НЕЛИНЕЙНЫХ

В.А. Бржезицкий, И.Н. Маслюченко, Е.А. Троценко, Д.С. Крысенко  
 Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт»

В статье рассмотрены вопросы аппроксимации вольт-амперной характеристики ограничителей перенапряжений нелинейных в рабочих режимах. Для

аналитического представления вольт-амперных характеристик ограничителей перенапряжений нелинейных предложено одно общее выражение. Для нелинейного регрессионного анализа использованы паспортные данные ограничителей перенапряжений нелинейных, предназначенных для установления в электрических сетях Украины классов напряжения 110—750 кВ. Полученное аналитическое выражение предоставляет возможность унификации расчётов защитных уровней ограничителей перенапряжений нелинейных при воздействии коммутационных и грозowych перенапряжений.

**Ключевые слова:** ограничитель перенапряжений нелинейный, коммутационные перенапряжения, грозовые перенапряжения, вольт-амперная характеристика, аппроксимация.



УДК 620.95

## **ECONOMIC FEASIBILITY OF USING SOLAR POWER SYSTEMS ON THE BASIS OF A HOTEL (ON THE EXAMPLE OF PREMIER PALACE HOTEL, KIEV)**

**N. Prysiazhniuk, N. Lazorenko**  
*National University of Food Technologies*

---

**Key words:**

*Solar energy*  
*Solar collector (helio collector)*  
*Environmentally safe hotels*

**ABSTRACT**

This article considers the current energy situation. It is proposed to use solar energy as an alternative, renewable source of energy. The appropriateness of the use of solar vacuum collectors in the hotel industry is considered on the example of a single enterprise, namely the Premier Palace hotel.

---

**Article history:**

Received 07.10.2014  
Received in revised form  
27.10.2014  
Accepted 05.11.2014

---

**Corresponding author:**

N. Prysiazhniuk  
**E-mail:**  
Nikusechka@ukr.net

---

## **ЕКОНОМІЧНА ДОЦІЛЬНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ГЕЛІОСИСТЕМ НА БАЗІ ГОТЕЛЮ (НА ПРИКЛАДІ ПАТ «ПРЕМ'ЄР ПАЛАЦ», М. КИЇВ)**

**Н.І. Присяжнюк, Н.П. Лазоренко**  
*Національний університет харчових технологій*

*У статті розглянуто енергетичну проблему сьогодення, запропоновано використання сонячної енергії як альтернативного, відновлюваного джерела. Також визначено доцільність використання сонячних вакуумних колекторів у готельній індустрії на прикладі окремого підприємства — готелю «Прем'єр Палац» (м. Київ).*

**Ключові слова:** *сонячна енергія, сонячний колектор (геліоколектор), екологічні готелі.*

**Вступ.** Існує безліч традиційних, застарілих, енергетично неефективних систем опалення житлових будинків, заснованих на різних джерелах палива, таких як вугілля, природний газ, електрична енергія. Проте використання вищеперелічених джерел призводить до збільшення викидів парникових газів на теплових електростанціях, а отже, до потепління клімату на Землі, що супроводжується різними катаклізмами. Разом з тим, американськими вчени-

ми доведено, що використовувати високоякісну електричну енергію для отримання низькопотенційної теплоти недоречно. Цього можна уникнути за рахунок відновлювальних і нетрадиційних джерел енергії (енергії вітру, Сонця, біопалива тощо).

Сонячна енергія — енергія від Сонця, яка потрапляє на Землю у формі радіації та світла. Ця енергія значною мірою керує кліматом і погодою та є невід’ємною основою життя.

Людина використовує тепло сонця з незапам’ятних часів. Влітку сонце обігріває будівлі безпосередньо, а взимку використовується мульоване сонячне тепло. Промисловість і наука прагнуть створювати машини і механізми менш енергоємними і з більш високим ККД. Це дозволяє більш ефективно розпоряджатися наявними ресурсами. Але найбільш актуальним у даний час є використання технологій, пов’язаних з поновлюваними енергоресурсами. Сонце — найбільш доступне і невичерпне джерело енергії. Можливості використання екологічно чистої, повсюдно доступної, відновлюваної сонячної енергії сьогодні привертають дедалі більшу увагу.

За результатами дослідження, проведеного компанією JD Power and Associates, зацікавленість туристів до екоготелів зростає. В опитуванні брали участь 66 тис. гостей, які проживали в північноамериканських готелях протягом 2010—2011 років. Дослідження виявило, що значно зросла обізнаність гостей з екологічними ініціативами готелів (66 % в 2011 р. порівняно з 57 % в 2010 р.); 72 % клієнтів брали участь в екологічних програмах, організованих готелем.

Екологічні готелі здатні покращувати стан природного середовища, виховувати в суспільстві екологічну свідомість, відповідальність. Інноваційні методи впровадження екологічної політики в готельну індустрію сприяють передусім реалізації соціальних цілей, а вже потім є інструментом підвищення рентабельності та конкурентоспроможності готельного підприємства [5].

**Метеріали і методи.** Для вивчення та дослідження економічної доцільності використання геліосистем було зібрано й оброблено техніко-економічні дані готелю ПАТ «Прем’єр Палац» і технічні характеристики існуючих сонячних колекторів.

Одним із способів економії електричної та інших традиційних видів енергії, зменшення викидів парникових газів є впровадження простих і доступних для широких верств населення сонячних колекторів (СК) для гарячого водопостачання (ГВП) [1, 2]. Враховуючи, що ціни на інші види палива й електроенергію будуть збільшуватися, встановлення системи сонячних колекторів — це справжні інвестиції в майбутнє.

Сонячний колектор (геліоколектор) — пристрій для збору енергії випромінювання Сонця у видимому та невидимому для людського ока інфрачервоному спектрі. Теплову систему, що працює на основі сонячного колектора, називають геліосистемою. У Європі, Америці, Австралії та інших регіонах сонячні колектори стали звичайним атрибутом інженерних систем будівлі.

Поширеною помилкою є думка про недоцільність використання в Україні сонячних водонагрівачів, з якими у нас стійко асоціюється пофарбований у темний колір бак на даху душової kabіни. Ефективність використання баків для підігріву води вкрай невисока, до того ж обмежується теплою порою

року. Але сучасні технології дозволяють використовувати сонячну енергію навіть взимку.

Інженерні системи, що використовують сонячні колектори, дають змогу за прийнятну ціну вирішити питання:

- автономного гарячого водопостачання;
- підігріву води в басейнах;
- часткового або повного опалення (системи опалення);
- обігріву теплиць;
- використання гарячої води з технологічною метою.

У загальному вигляді геліосистема складається із сонячного колектора (геліоколектора), бака-накопичувача (термоакумулятора), насосної групи, контролера, комбінованого клапана тощо (залежно від обраної геліосистеми).

Завдання сонячних колекторів — акумулювання сонячної енергії з максимально можливою ефективністю. При проектуванні сонячного колектора використовуються такі відомі принципи, як «парниковий ефект», тобто властивість сонячних променів безперешкодно проходити крізь прозоре середовище у замкнутий простір і перетворюватися в теплову енергію, вже нездатну подолати прозорий «дах» установки; «термосифонний ефект», тобто властивість рідини при нагріванні підніматися вгору, витісняючи при цьому більш холодну воду і примушуючи її переміщуватися до місця нагріву. Слід також зазначити, що при розробці сонячного колектора враховується і ефект накопичення та збереження теплової енергії. Існують різні типи сонячних колекторів, що відрізняються зовнішніми формами, будовою поглинаючих поверхонь і акумулюючих засобів [3].

Сонячні водонагрівальні системи ідеальні для приватних котеджів, готелів, офісів, автономних комерційних магазинів, АЗС, виробництв тощо.

Використання альтернативних джерел енергії на базі готелю є одним із шляхів екологізації готелів [4]. Екологічні готелі — це готелі майбутнього, оскільки саме екологія відіграє важливу роль у туризмі. Серед сучасних глобальних світових проблем людства екологічні проблеми посідають чи не найголовніше місце. Охороні навколишнього середовища й раціональному використанню природних ресурсів нині приділяють особливу увагу урядові структури та міжнародна громадськість. На порядок денний виноситься питання екологічної безпеки держави та будівництва нових екологічних готелів.

**Результати і обговорення.** При визначенні доцільності установки геліосистеми (для зменшення енерговитрат) на базі вже існуючого п'яти-зіркового готелю «Прем'єр Палац», розташованого у центрі Києва за адресою бульвар Тараса Шевченка / вул. Пушкінська 5—7/29, було запропоновано встановити геліосистеми з використанням саме високоефективних вакуумних сонячних трубок, оскільки вони здатні працювати цілий рік на відміну від плоских геліоколекторів.

Сонячний водонагрівач з вакуумними трубами показує задовільні результати навіть у хмарні дні, тому що труби сонячного колектора здатні поглинати енергію інфрачервоних променів, які проходять через хмари. Завдяки ізоляційним властивостям вакууму вплив вітру та низьких температур на роботу вакуумних трубчатих геліоколекторів абсолютно нівелюється порівняно з

плоскими геліоколекторами. Системи на основі вакуумних сонячних колекторів успішно нагрівають воду, навіть коли на вулиці  $-35^{\circ}\text{C}$ .

Труби геліоколектора мають круглу форму, завдяки чому кількість сонячної енергії, яка падає на сонячний колектор, практично не змінюється протягом дня. Саме тому загальна кількість сонячного випромінювання, яке поглинає геліоколектор, є значно більшою, якщо порівнювати таку систему з плоским сонячним колектором. Така форма труб забезпечує ефективне поглинання енергії, оскільки сонячні промені завжди падають на поверхню вакуумного сонячного колектора строго під прямим кутом, при цьому відбивання зводиться до мінімуму. Труби розміщуються в колекторі паралельно одна одній, кут їх нахилу відносно горизонту залежить від географічної широти місцевості, де встановлюється сонячна система опалення. Правильно орієнтовані трубки протягом дня пасивно рухаються за сонцем. Такий сонячний водонагрівач зовсім не вимагає обслуговування під час експлуатації.

Сонячна система також є простою у ремонті: якщо виникне така потреба, вакуумну трубку можна легко поміняти, не зупиняючи при цьому сонячний колектор. За необхідності трубки можна додавати (при зменшенні тепла) чи частково знімати (якщо тепло поглинається в надлишку), зменшуючи геліополе, що абсолютно неможливо в геліосистемах з плоскими колекторами [6].

Також розраховано доцільність заміщення в готелі «Прем'єр Палац» 25 % гарячої води централізованого постачання водою, нагрітою за допомогою вакуумного сонячного колектора.

Для реалізації даного проекту було розраховано необхідний обсяг коштів. Варто зауважити, що в основу проекту покладено зменшення енерговитрат шляхом встановлення сонячних вакуумних колекторів. Саме вони і складають загальний об'єм необхідних коштів для впровадження інновації. Загальні витрати становили 748 746 грн. Що стосується коштів, необхідних для фінансування даного проекту, то готель «Прем'єр Палац» може скористатися послугами банку і взяти гроші в кредит терміном на 5 років.

Оскільки готель має відкриту кредитну лінію в ПАТ «ВТБ Банк» (дані взято з регулярної річної інформації про зобов'язання емітента), то ще одну кредитну лінію буде оформлено саме в цьому банку під 11 % річних. Розрахунок кредиту передбачається за методом щомісячного повернення попередньо обумовленої однієї і тієї ж частини кредиту та щомісячної сплати відсотків. Загальна сума виплат становить 959 687,5 грн. Загальна сума економії за рік дорівнює різниці між витратами готелю на оплату 2552,45 м<sup>3</sup> гарячої води (69 937 грн), спожитої від центрального водопостачання, та витратами при використанні геліосистеми (9 067 грн). У підсумку загальна сума економії за рік дорівнює 60 867 грн.

Термін окупності даного проекту становить 12 років і 4 місяці. Такий термін окупності не є остаточним, оскільки для розрахунку було взято чинні тарифи на воду, при цьому можна стверджувати, що вартість тарифів має тенденцію до зростання, що, у свою чергу, збільшує економію при використанні геліосистеми.

Встановлення геліосистеми створює низку переваг для готелю «Прем'єр Палац», а саме:

- заощадження коштів на забезпеченні гарячого водопостачання;
- залучення нових клієнтів шляхом підвищення туристичної привабливості;
- підвищення конкурентоспроможності;
- підвищення привабливості для найпрогресивнішої частини учасників ринку праці.

Отже, найбільш економічними, екологічними і доступними для екологізації готелю є вакуумні сонячні колектори.

### **Висновки**

Встановлення геліосистеми в готелі «Прем'єр Палац» надасть можливість зменшити витрати на електроенергію та газ і призведе до значного поліпшення стану готелю як серед основних конкурентів, так і поміж клієнтів, що, у свою чергу, може посприяти збільшенню припливу туристів і, відповідно, зростанню доходів готельного підприємства.

### **Література**

1. *Атлас* енергетичного потенціалу відновлювальних і нетрадиційних джерел енергії України / С.О. Кудря. — Київ: Інститут електродинаміки, 2001. — 40 с.

2. *Енергія Сонця* / С.Р. Боблях, М.М. Мельничук, В.С. Мельник, Р.М. Ігнатюк // Відновлювальні джерела енергії. Монографія. — Луцьк: Волинський національний університет ім. Лесі Українки, 2012. — 227 с.

3. *Лабейш В.Г.* Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии: Учеб. пособие. — СПб.: СЗТУ, 2003. — 79 с.

4. *Краснокутська Н. В.* Інноваційний менеджмент: Навч. посібник. — К.: КНЕУ, 2003. — 504 с.

5. *Офіційний сайт.* Прогрес-XXI [Електронний ресурс]. — Нові енергетичні системи. — Режим доступу: <http://progress21.com.ua>.

6. *Официальный сайт* компании «Rucelf» [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://www.rucelf.ua>.

## **ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГЕЛИОСИСТЕМ НА БАЗЕ ОТЕЛЯ (НА ПРИМЕРЕ ПАО «ПРЕМЬЕР ПАЛАЦ», Г. КИЕВ)**

**Н.И. Присяжнюк, Н.П. Лазоренко**

*Национальный университет пищевых технологий*

*В статье рассмотрена энергетическая проблема современности, предложено использование солнечной энергии в качестве альтернативного, возобновляемого источника энергии. Также определена целесообразность использования солнечных вакуумных коллекторов в гостиничной индустрии на примере отдельного предприятия-гостиницы «Премьер Палац» (г. Киев).*

**Ключевые слова:** *солнечная энергия, солнечный коллектор (гелиоколлектор), экологические отели.*

## INFLUENCE OF TECHNOLOGICAL PARAMETERS ON PROTEIN LOSSES DURING THEIR ISOELECTRIC PRECIPITATION FROM EXTRACTS

T. Nosenko

*National University of Food Technologies*

<p><b>Key words:</b>  <i>Protein extract</i>  <i>Protein isoelectric precipitation</i>  <i>Sunflower protein isolate</i></p> <p><b>Article history:</b>          Received 28.10.2014          Received in revised form 12.11.2014          Accepted 25.11.2014</p> <p><b>Corresponding author:</b>          T. Nosenko  <b>Email:</b>          tnosenko@yahoo.com</p>	<p><b>ABSTRACT</b></p> <p>The efficiency of protein isoelectric precipitation from protein extracts depending on ionic strength of solution and precipitation pH was investigated in this study. It has been shown that protein losses with whey depend on ionic strength of an extractant and pH of isoelectric precipitation. Protein losses with supernatant decreased with the increase of ionic strength of extracts at any pH precipitation. At the same time protein precipitation efficiency was higher at lower (2.5—3.5) pH under precipitation from extracts with all investigated ionic strength. It has been shown that protein losses with whey depend on protein concentration, notably they have decreased at high protein concentration. It is found that pH of washing water also influences the protein losses and chemical composition of protein isolates.</p>
---	---

## ВПЛИВ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ НА ВТРАТИ БІЛКІВ ПІД ЧАС ЇХ ІЗОЕЛЕКТРИЧНОГО ОСАДЖЕННЯ З ЕКСТРАКТІВ

Т.Т. Носенко

*Національний університет харчових технологій*

*У статті досліджено ефективність ізоелектричного осадження білків із білкових екстрактів залежно від іонної сили розчину та значення рН. Показано, що втрати білків із сироватковими водами залежать від іонної сили екстрагенту та від значення рН ізоелектричного осадження. При збільшенні іонної сили екстракту втрати білків із супернатантом менші за всі значення рН під час осадження. В той же час за всіх значень іонної сили екстрагенту ефективність ізоелектричного осадження вища за нижчі (2,5—3,5) значення рН. Зазначено, що втрати білків із сироватковими водами залежать також від концентрації білків в екстракті — вони зменшуються при високій концентрації. Встановлено, що значення рН промивної води також впливає на втрати білків і хімічний склад білкових ізолятів.*

**Ключові слова:** білкові екстракти, ізоелектричне осадження білків, соняшниковий білковий ізолят.

**Постановка проблеми.** У технологіях одержання білкових ізолятів із шротів олійних культур важливою операцією, що визначає кількісний вихід ізоляту, є

вилучення білків із білкових екстрактів. Відомо, що частина екстрагованих білків втрачається із сироватковими водами, що утворюються під час осадження, тому важливим завданням є запобігання втратам білків із розчинами.

Одержання білкових ізолятів із соняшникового шроту ускладнюється наявністю в їх складі фенольних сполук — фенольної та кавової кислоти. Використання нейтральних сольових розчинів для екстрагування білків надає можливість запобігти окисненню цих речовин та їх ковалентному зв'язуванню із реакційними групами білків під час екстрагування.

Одержані дані про те, що масова частка екстрагованих із соняшникового шроту білків суттєво зростає внаслідок збільшення іонної сили екстрагенту навіть за нейтральних значень рН і ефективність такого екстрагування лише на 2—3 % нижча порівняно з екстрагуванням у лужному середовищі [1]. Перевагами екстрагування білків із соняшникового шроту в нейтральних розчинниках є запобігання окисненню та ковалентному зв'язуванню фенольних сполук із білками, яке відбувається у лужних розчинах.

Разом з тим відомо, що за високих значень іонної сили розчинника (2 Моль/дм<sup>3</sup>) приблизно 50 % білків соняшникового шроту залишаються розчинними за значень рН 4,5—5,0 [2], тому пошук шляхів зменшення втрат білків під час їх ізоелектричного осадження з білкових екстрактів у нейтральних розчинниках наразі залишається актуальним. Зважаючи на вищевикладене, **мета статті** полягає в тому, щоб дослідити вплив технологічних параметрів осадження білків із розчинів на вихід і хімічний склад білкових ізолятів.

**Матеріали і методи.** Сировиною для екстрагування білків був виробничий соняшниковий шрот із вмістом білків 35 %. Екстрагування білків із шроту проводили у розчині хлориду натрію за гідромодулем 10, температури 50 °С та тривалості 40 хвилин. Іонна сила розчинів хлориду натрію знаходилась в межах від 0,17 до 2,1 Моль/дм<sup>3</sup>. Нерозчинний залишок шроту відділяли від екстракту центрифугуванням при 1000 об/хв протягом 10 хвилин. Із супернатанту осаджували білки додаванням 1 Н розчину НСІ до відповідного значення рН.

Білковий осад відділяли від сироваткової води центрифугуванням при 3000 об/хв протягом 15 хвилин. Супернатант декантували, а одержаний осад промивали водним розчином із відповідним значенням рН для вилучення надлишку хлориду натрію та кислоти. Осад відділяли від промивної води центрифугуванням при 3000 об/хв протягом 15 хв та висушували за температури 45—50 °С.

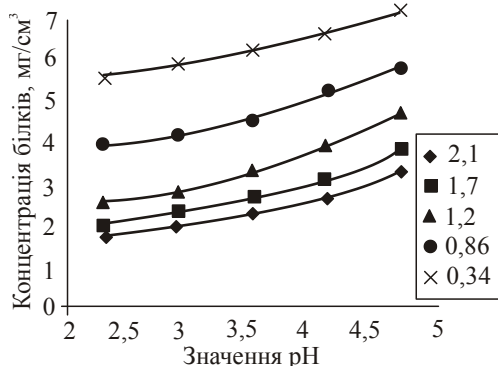
Концентрацію білків в екстрактах визначали фотометрично Біуретовим методом [3], масову частку білків у білкових ізолятах визначали за вмістом загального азоту методом Кельдаля [3], масову частку вологи в білкових ізолятах — висушуванням до постійної маси, масову частку сирової золи (згідно з [4]).

### Результати та їх аналіз

*Ефективність ізоелектричного осадження білків залежно від іонної сили екстрагенту та значення рН*

Нами було досліджено втрати білків з екстрактів, одержаних за значення іонної сили розчинника від 0,34 до 2,1 Моль NaCl/дм<sup>3</sup>, під час осадження в

діапазоні рН від 2,0 до 4,5 і внаслідок промивання. Більш значне зниження рН під час ізоелектричного осадження білків є недоцільним, оскільки це супроводжується дисоціацією білкових субодиноць та значною денатурацією. Концентрація білків встановлювалась однаковою для всіх екстрактів перед ізоелектричним осадженням шляхом розведення розчинів до значення  $10 \text{ мг/см}^3$ . Втрати білків були оцінені за їх вмістом в супернатанті після відповідного ізоелектричного осадження та центрифугування.



**Рис. 1.** Концентрація білків у супернатанті після їх осадження залежно від іонної сили екстракту і значення рН осадження

значень рН 2,5 і 3,0 і становили 57—60 % за вищих значень рН. В екстрактах із високою іонною силою втрати білків були мінімальні при рН 2,5 і 3,5 (від 21 до 28 %), з підвищенням рН до 4,5 вони зростали до 33—37 %.

Більш повне осадження білків із сольових розчинів за низьких значень рН узгоджується із виявленим зміщенням розчинності глобулінів (ізоелектрична точка рН 4,5) в сторону зменшення рН за підвищення іонної сили розчину [2, 5, 6].

Виявлений ефект впливу іонної сили розчину на ізоелектричне осадження може бути пов'язаним із змінами поверхневих зарядів білків, оскільки взаємодія білкових молекул з іонами солей може викликати зміни електрохімічних потенціалів білків унаслідок гідратації [7]. Отже, в розчинах із високою іонною силою за більш інтенсивної гідратації білкових молекул при рН, вищих за значення ізоелектричної точки, ефект іонного екранування домінує і під час підкислення розчину. Внаслідок додавання кислоти зменшується гідратація білків і відштовхування одноіменних іонів, що стимулює гідрофобні взаємодії і, врешті-решт, осадження білків. Отже, чим вищий ступінь гідратації білків (а саме це відбувається в розчинах із високою іонною силою), тим більш висока концентрація іонів гідрогену, необхідна для ізоелектричного осадження.

Крім того, більш ефективно осадження білків із розчинів з високою іонною силою може зумовлюватись відмінністю фракційного складу білків, які екстрагуються в розчинах із різною іонною силою. За високої іонної сили розчинника зростає кількість екстрагованих глобулінів, які більш схильні до кислотного осадження, ніж альбуміни [5, 6].

Мінімальні втрати білків у супернатанті становили приблизно 20 %, що зумовлено наявністю альбумінової фракції в складі білкових екстрактів, яка

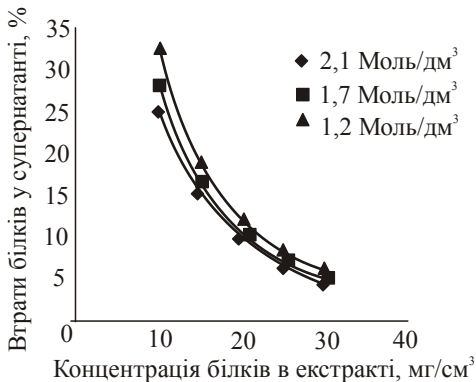


не піддається ізоелектричному осадженню [5, 6]. Таким чином, зменшити втрати білків із супернатантом можна, використовуючи його для рециркуляції. Крім того, повне вилучення альбумінової фракції може бути здійснене ультрафільтрацією із використанням мембран з пропускною здатністю < 10 кДа.

Проте за значення рН < 4,1 спостерігається значна денатурація білків [8], осадження білків із розчинів із високою іонною силою необхідно проводити за значення рН приблизно 4,0—4,5.

*Вплив концентрації білків на ефективність ізоелектричного осадження білків залежно від іонної сили екстрагенту.*

Дослідження впливу концентрації білків в екстрактах на ефективність ізоелектричного осадження та втрати білків із супернатантом (сироватковими водами) проводились в діапазоні концентрацій білків від 10 до 30 мг/см<sup>3</sup> та значень іонної сили розчинів 1,2—2,1 Моль/дм<sup>3</sup>. Осадження білків із розчинів проводили додаванням розчину НСІ концентрацією 0,1 Моль/дм<sup>3</sup> до значення рН 3,5. Одержані результати наведені на рис. 2. Підвищення концентрації білкового екстракту супроводжувалось зменшенням втрат білків під час ізоелектричного осадження. Мінімальні втрати білків із супернатантом спостерігались за максимальної концентрації білків 30 мг/см<sup>3</sup> і становили від 5 до 6,3 % від



**Рис. 2. Залежність втрат білків із супернатантом від концентрації білків в екстракті під час їх ізоелектричного осадження за значення рН 3,5**

маси екстрагованих білків. Збільшення іонної сили екстрагенту зменшувало втрати білків за всіх досліджуваних концентрацій білків, проте найбільш виражений вплив іонної сили розчину спостерігався за мінімальної концентрації білків.

Зменшення втрат білків за підвищення їх концентрації в екстрактах пояснюється більш високою ймовірністю їх агрегації за високих концентрацій, оскільки утворення великих білкових агрегатів із дрібних є дифузійно контрольованим процесом. Утворення великих білкових агрегатів за високих концентрацій білків

також виявлено у [9]. Під час центрифугування білкові агрегати великих розмірів осаджуються більш ефективно, зменшуючи їх вміст у супернатанті.

*Втрати білків під час промивання білкової пасти*

У зв'язку з одержаними нами даними про зростання ефективності екстрагування білків у розчинах із високою іонною силою та зменшення втрат білків під час їх ізоелектричного осадження в більш кислому середовищі виникає необхідність подальшого вилучення надлишків хлориду натрію й кислоти з білкових осадів. Це забезпечить можливість використання ізолятів для харчових цілей у широкому спектрі продуктів, в тому числі і в кондитерських виробках.

Для цієї мети використовують на практиці одно- і двократне промивання осадів водою. При цьому виникає ймовірність часткової втрати білків із промивними водами, тому для запобігання значним втратам білків необхідно створити відповідне значення рН промивної води для запобігання розчиненню білків.

Нами досліджено втрати білків під час однократного водного промивання білків, осаджених за значення рН 3,5 та 4,5 із екстрактів з іонною силою 1,7 Моль/дм<sup>3</sup> та концентрацією білків 20 мг/см<sup>3</sup>. Крім того, визначено вміст білків і золи у висушених білкових осадах. Значення рН промивної води встановлювали в межах 4,5—6,0. Одержані дані наведені в таблиці.

**Таблиця. Втрати білків під час водного промивання після кислотного осадження і склад одержаних білкових ізолятів**

Значення рН промивної води	Втрати білків, % від кількості осаджених білків		Вміст білків в ізолятах (Nx6,25), % на суху речовину		Вміст сирової золи в ізолятах, % на суху речовину	
	Осадження при рН:		Осадження при рН:		Осадження при рН:	
	3,5	4,5	3,5	4,5	3,5	4,5
4,5	9,8±0,3	8,9±0,2	83,7±0,5	84,4±0,3	5,9±0,12	5,5±0,09
5,0	10,6±0,4	9,5±0,3	84,3±0,6	85,8±0,4	5,5±0,11	5,1±0,12
5,5	11,7±0,5	10,4±0,2	86,5±0,4	87,9±0,4	5,2±0,15	4,9±0,10
6,0	12,9±0,5	11,2±0,3	87,1±0,7	88,1±0,3	4,9±0,14	4,6±0,09

Наведені дані свідчать, що приблизно 9—13 % осаджених білків втрачається при промиванні. Втрати білків із промивною водою залежать від значення рН промивної води — підвищення значення рН до 6,0 збільшує розчинність і, відповідно, їх втрати у промивній воді. В той же час на втрати білків під час промивання впливає також значення рН під час осадження. Осадження білків за значення рН 3,5 супроводжується дещо більшими втратами під час промивання білкових осадів, що може бути викликано більш високим вмістом хлориду натрію в білкових осадах при зниженні рН ізоелектричного осадження [2]. За підвищення значення рН промивної води до 6,0 зменшується вміст золи та збільшується масова частка протеїну в ізолятах.

Таким чином, з метою покращення якості готових ізолятів білкові осади необхідно промивати водою із значенням рН 5,5—6,0. Крім того, промивні води із вмістом білків до 2 мг/см<sup>3</sup> необхідно використовувати для рециркуляції під час приготування розчинів на стадії екстрагування білків.

### **Висновки**

Загальний вихід білкових ізолятів у випадку їх осадження за значення рН 4,5 був трохи нижчим порівняно з осадженням за рН 3,5 унаслідок зменшення втрат у процесі промивання білкових осадів. За рахунок зменшення витрат HCl та NaOH для осадження і нейтралізації білків осадження за значення рН 4,0—4,5 можна вважати більш оптимальним, незважаючи на те, що вихід білкових ізолятів дещо більший під час осадження за нижчих значень рН. Проте за такого значення кислотності відбувається значна денатурація білків. Оскільки білкові екстракти в розчинах хлориду натрію містять також

альбумінову фракцію білків для збільшення вилучення білків з екстрактів, то необхідно комбінувати кислотне осадження й ультрафільтрацію супернатанту. Отже, можна отримувати два типи соняшникових білкових ізолятів, які мають різні функціонально-технологічні властивості [10], що продемонстровано і для інших рослинних білків [11—13].

### **Література**

1. Носенко Т.Т. Дослідження процесу екстрагування білків із шроту олійних культур / Т.Т. Носенко, І.В. Батура, В.В. Тимохін, Г.А. Федоренко // Сучасні методи створення нових технологій та обладнання в харчовій промисловості: тези доп. Міжн. наук. конф. молодих вчених, аспірантів і студентів (квітень, 2002) част.2. — Київ: НУХТ, 2002. — 40 с.
2. Pickardt C. Optimisation of mild-acidic protein extraction from defatted sunflower (*Helianthus annuus* L.) meal / C. Pickardt, S. Neidhart, C. Griesbach et al. // *Food Hydrocoll.*— 2009.— V. 23.— P. 1966—1973.
3. *Handbook of food analytical chemistry* / R.E. Wroslad, T.E. Acree, E.A. Decker et al.; ed. By Ronald E. Wroslad. — Vol. 1. — New Jersey, USA: John Wiley & Sons, 2004. — 757 p.
4. ГОСТ 13979.6-69. Жмыхи, шроты и горчичный порошок. Метод определения золы.
5. Cater C.M. The effect of chlorogenic, quinic and caffeic acids on the solubility and color of protein isolates, especially from sunflower seed / C.M. Cater, S. Gheya-suddin, K.F. Mattil // *Cereal Chem.* — 1972.—V. 49.— P. 508—514.
6. Pawar V.D. Studies on nitrogen extractability of defatted sunflower meal / V.D. Pawar, J.N. Patil, B.K. Sakhale et al. // *J. Food Sci. Technol.* — 2001. — V. 38. — P. 217—219.
7. Shih Y.C. Some characteristics of protein precipitation by salts/ Y.C. Shih, J.M. Prausnitz, H.W. Blanch // *Biotechnol. Bioeng.* — 1992. — V. 40. — P. 1155—1164.
7. Molina I.M. Effect of pH and ionic strength modifications on thermal denaturation of the 11S globulin of sunflower (*Helianthus annuus*) / I.M. Molina, S. Petrucelli, M.C. Anon // *J. Agric. Food Chem.* — 2004. — V. 52. — P. 6023—6029.
8. Raphael M. Isoelectric precipitation of sunflower protein in an MSPR precipitator: Modelling of PSD with aggregation / M. Raphael, S. Rohani // *Chem. Eng. Sci.* — 1996. — V. 51. — P. 4379—4384.
9. Weisz G.M. Sustainable sunflower processing—I. Development of a process for the adsorptive decolorization of sunflower [*Helianthus annuus* L.] protein extracts / G.M. Weisz, L. Schneider, U. Schweiggert et al. // *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.* — 2010. — V. 11. — P. 733—741.
10. D'Agostina A.C. Optimization of a pilot-scale process for producing lupin protein isolates with valuable technological properties and minimum thermal damage / A.C. D'Agostina, C. Antonioni, D. Resta et al. // *J. Agric. Food Chem.* — 2006. — V. 54. — P. 92—984.
11. This P. Characterization of major storage proteins of sunflower and their accumulation / P. This, D. Goffner, M. Raynal et al. // *Plant Physiol. Biochem.* — 1988. — V. 26. — P. 125—132.

12. Tseng Y.M. Production of canola protein materials by alkaline extraction, precipitation, and membrane processing / Y.M. Tseng, L.L. Diosady, L.J. Rubin // J. Food Sci. — 1990. — V. 55. — P. 1147—1156.

## **ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НА ПОТЕРИ БЕЛКОВ ПРИ ИХ ИЗОЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ОСАЖДЕНИИ ИЗ ЭКСТРАКТОВ**

**Т.Т. Носенко**

*Национальный университет пищевых технологий*

*В статье исследована эффективность изоэлектрического осаждения белков из их экстрактов в зависимости от ионной силы раствора и значения рН. Показано, что потери белков из сывороточными водами зависят от ионной силы раствора и от значения рН изоэлектрического осаждения. При увеличении ионной силы экстракта потери белков из супернатантом ниже при всех значениях рН осаждения. В то же время при всех значениях ионной силы экстрагента эффективность изоэлектрического осаждения выше при низких (2,5—3,5) значениях рН. Установлено, что потери белков из сывороточными водами зависят также от концентрации белков в экстракте — они снижаются при более высокой концентрации. Значение рН промывной воды также влияло на потери белков и химический состав белковых изолятов из подсолнечного шрота.*

**Ключовые слова:** *белковые экстракты, изоэлектрическое осаждение белков, подсолнечный белковый изолят.*

## STUDY OF COMPLEXABLE CHARACTERISTICS OF MUSHROOM POWDERS FOR $Pb^{2+}$ , $Cd^{2+}$ AND $Hg^{2+}$ IONS

E. Kostenko, E. Butenko

National University of Food Technologies

---

**Key words:**

*Toxic metals  
Complexable  
characteristic  
Foodstuff*

**Article history:**

Received 14.10.2014

Received in revised form

22.10.2014

Accepted 03.11.2014

**Corresponding author:**

E. Kostenko

**E-mail:**

kostenkoelizaveta@ukr.net

---

**ABSTRACT**

The ability of mushroom powders to link the  $Pb^{2+}$ ,  $Cd^{2+}$  and  $Hg^{2+}$  ions has been studied. The obtained quantitative features are used for forecasting the complexable characteristics of new sausage products in regard to  $Pb^{2+}$ ,  $Cd^{2+}$  and  $Hg^{2+}$  ions.

## ДОСЛІДЖЕННЯ КОМПЛЕКСОУТВОРЮЮЧИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ГРИБНИХ ПОРОШКІВ СТОСОВНО ІОНІВ $Pb^{2+}$ , $Cd^{2+}$ І $Hg^{2+}$

Є.Ю. Костенко, О.М. Бутенко

Національний університет харчових технологій

У статті досліджено здатність грибних порошків біомаси гливи зв'язувати іони  $Pb^{2+}$ ,  $Cd^{2+}$ ,  $Hg^{2+}$ . Отримані кількісні характеристики використано для прогнозування комплексоутворюючих властивостей нових ковбасних виробів щодо іонів  $Pb^{2+}$ ,  $Cd^{2+}$ ,  $Hg^{2+}$ .

**Ключові слова:** токсичні метали, комплексоутворюючі властивості, харчові продукти.

Як уже зазначалося у [1—8], основні компоненти харчових продуктів здатні зв'язувати токсичні метали за рахунок утворення комплексних сполук з їх білковою частиною. З цією метою метал-індикаторним методом [9] були встановлені кількісні характеристики складу і стійкості комплексів амінокислот, що входять до складу білків харчових продуктів і грибів зокрема, з іонами  $Pb^{2+}$ ,  $Cd^{2+}$  та  $Hg^{2+}$ . Відомо, що гриби є перспективним харчовим продуктом, оскільки виконують подвійну функцію: вони є постачальниками різноманітних поживних речовин, зокрема білкових, і природними адсорбентами іонів токсичних металів.

**Мета статті.** Дослідити протекторну здатність грибів щодо токсичних іонів  $Pb^{2+}$ ,  $Cd^{2+}$  та  $Hg^{2+}$  при створенні нових ковбасних виробів, збагачених грибними інгредієнтами, оскільки такі дані в літературі відсутні.

**Експериментальна частина.** *Реагенти.* Вихідні 0,1 моль/л розчини солей  $Pb^{2+}$ ,  $Hg^{2+}$ ,  $Cd^{2+}$  готували розчиненням наважок:  $Cd^0$  (ос.ч.) у 1,0 моль/л  $H_2SO_4$ ;  $Pb(NO_3)_2$ ,  $Hg(NO_3)_2 \cdot 0,5 H_2O$  (х.ч.) у 0,1 моль/л  $HNO_3$  [10]. Стандартизацію проводили комплексонометрично (Pb) [11] та меркуриметрично (Hg) [12].

У процесі дослідження використовували  $10^{-3}$  моль/л водні розчини металохромних індикаторів: ксиленолового оранжевого (КО), ч.д.а. (Chemapol) та сульфоназо III (СФАЗ), ч.д.а. (Merk). Також використовували розчини  $HCl$ ,  $HNO_3$ ,  $H_2SO_4$ ,  $NaOH$ ,  $NaCl$  х.ч. Вихідні 1,0 моль/л розчини готували розведенням концентрованих розчинів. Воду очищали, як описано в [13]. Робочі розчини готували розведенням вихідних перед проведенням експерименту.

**Методики експерименту.** *Методика визначення зв'язуючої здатності грибних порошків щодо іонів металів.* До наважки порошку грибної біомаси додавали 30  $cm^3$  теплої (45—50  $^{\circ}C$ ) дистильованої води, перемішували і залишали на 10 хв для набухання. До отриманої суміші додавали 1  $cm^3$  0,1 М розчину солі досліджуваного металу, перемішували 1 год на магнітній мішалці, фільтрували крізь складчастий фільтр. У фільтраті визначали вміст іонів досліджуваних металів за методом градуювального графіка. Кількість  $Pb^{2+}$ ,  $Hg^{2+}$ ,  $Cd^{2+}$ , що сорбувалася грибним порошком, визначали як різницю між  $m_{Pb, Cd, Hg}$ , яка була внесена, і  $m_{Pb, Cd, Hg}$ , що була знайдена у фільтраті. рН розчинів створювали за допомогою розведених розчинів  $HNO_3$  і  $NaOH$ ,  $CH_3COOH$  і уротропіну крис.

*Методика визначення  $Pb^{2+}$  у фільтраті* [14]. У мірну пробірку місткістю 10  $cm^3$  вносили 1  $cm^3$  фільтрату, 1  $cm^3$  0,01 М  $HNO_3$  для створення рН 3, додавали 2  $cm^3$   $10^{-3}$  М водного розчину СФАЗ і доводили загальний об'єм до 10  $cm^3$  дистильованою водою. Оптичну густину вимірювали при  $\lambda = 660$  нм в кюветі з  $\ell = 0,1$  см відносно води через 5 хвилин після змішування розчинів.

*Методика визначення  $Cd^{2+}$  у фільтраті* [15]. У мірний стакан місткістю 50  $cm^3$  вносили 1 см фільтрату, додавали 1  $cm^3$   $10^{-3}$  М розчину КО, дистильовану воду і створювали в об'ємі 25  $cm^3$  рН~5,8 за допомогою уротропіну та  $HCl$  при постійному перемішуванні. Оптичну густину вимірювали при  $\lambda = 580$  нм в кюветі з  $\ell = 2$  см відносно води через 5 хв після змішування розчинів.

*Методика визначення  $Hg^{2+}$  у фільтраті* [15]. У мірний стакан місткістю 50  $cm^3$  вносили 1  $cm^3$  фільтрату, додавали 1  $cm^3$   $10^{-3}$  М розчину КО, дистильовану воду і створювали в об'ємі 25  $cm^3$  рН~6 за допомогою уротропіну та  $HCl$  при постійному перемішуванні. Оптичну густину вимірювали при  $\lambda = 580$  нм в кюветі з  $\ell = 2$  см відносно води через 5 хв після змішування розчинів.

*Схема визначення складу і стійкості комплексних сполук  $Pb^{2+}$ ,  $Cd^{2+}$ ,  $Hg^{2+}$  з амінокислотами білків, які входять до складу грибних порошків гливи* [16].

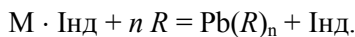
Як метал-індикаторні системи використовували комплексні сполуки  $Pb^{2+}$  та  $Hg^{2+}$  зі СФАЗ і  $Cd^{2+}$  з КО. Основні характеристики та умови утворення комплексів  $Pb^{2+}$  та  $Hg^{2+}$  зі СФАЗ такі:  $\lambda_{opt} = 700$  нм; рН 2,5—4,0,  $\varepsilon = 48000$ . Для

повного зв'язування металів у комплекс необхідний чотирикратний надлишок СФАЗ, що враховували у подальших дослідженнях. Основні характеристики та умови утворення комплексу  $\text{Cd}^{2+}$  з КО:  $\lambda_{\text{опт}} = 580 \text{ нм}$ ;  $\text{pH } 4,0\text{—}6,0$ ,  $\varepsilon = 4250$ . Для повного зв'язування кадмію в комплекс необхідний двократний надлишок КО.

До забарвлених комплексів М — індикатор додавали амінокислоти в діапазоні концентрацій  $(0,1\text{—}6,0) \cdot 10^{-2}$  моль/дм<sup>3</sup>. При цьому спостерігалось послаблення первинного забарвлення розчину внаслідок утворення безбарвних комплексів  $\text{Pb}^{2+}$ ,  $\text{Cd}^{2+}$ ,  $\text{Hg}^{2+}$  з амінокислотами. Як критерій оцінки відносної стійкості цих комплексів використовували концентрацію ліганда, що необхідна для обезбарвлювання первинного забарвлення розчину індикаторного комплексу наполовину, тобто для створення в системі ( $[\text{M}^{i+}]_{\text{вільн}} = n \cdot 10^{-m}$  моль/дм<sup>3</sup>). Останню величину знаходили, вивчаючи рівновагу в системах порівняння:  $\text{Pb}^{2+} \text{— СФАЗ— C}_2\text{O}_4^{2-}$ ;  $\text{Hg}^{2+} \text{— СФАЗ— CH}_3\text{COO}^-$ ;  $\text{Cd}^{2+} \text{— КО— C}_2\text{O}_4^{2-}$ .

На підставі отриманих даних будували графік залежності оптичної густини від концентрації амінокислот. Потім графічною інтерполяцією знаходили концентрації амінокислот, які необхідні для створення в системах рівноважних концентрацій іонів металів, незв'язаних у комплекс.

Кількісні характеристики складу та стійкості комплексів досліджуваних металів з амінокислотами отримували таким чином: процес взаємодії комплексу металу й металохромного індикатора з амінокислотами описується рівнянням:



Константа рівноваги цієї реакції визначається за формулою:

$$K_p = [\text{M}(\text{R})_n] \cdot [\text{Инд}] / [\text{M}(\text{Инд})] \cdot [\text{R}]^n$$

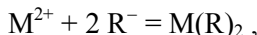
Після логарифмування та математичних перетворень рівняння має вигляд:

$$\lg [\text{M}(\text{R})_n] \cdot [\text{Инд}] / [\text{M}(\text{Инд})] \text{— } n \lg [\text{R}] + \text{const} = 0,$$

де  $n$  — кількість координованих молекул ліганда.

Встановлено, що склад комплексів складає  $\text{M}(\text{R})_2$ .

Далі були визначені умовні константи рівноваги реакції утворення комплексів металів з амінокислотами таким чином:



$$K_p = \beta_2 = [\text{M}(\text{R})_2] / [\text{M}^{2+}] \cdot [\text{R}]^2.$$

Концентрацію вільних іонів металу знаходили, вивчаючи зсув рівноваги в системі  $\text{M}(\text{Инд}) \text{— H}_2\text{C}_2\text{O}_4(\text{CH}_3\text{COO}^-)$ . Встановлено, що склад комплексів такий:  $\text{Pb}(\text{C}_2\text{O}_4)_2^{2-}$ ,  $\text{Hg}(\text{CH}_3\text{COO})^+$  та  $\text{Cd}(\text{C}_2\text{O}_4)_2^{2-}$ . З рівнянь констант нестійкості цих комплексів розраховували концентрацію вільних іонів  $\text{M}^{2+}$ :

$$[\text{M}^{2+}]_{\text{вільн}} = K_n \cdot [\text{M}(\text{An})_n] / [\text{An}]^n,$$

$$[\text{Pb}^{2+}]_{\text{вільн.}} = 4,51 \cdot 10^{-6} \cdot [\text{Pb}(\text{C}_2\text{O}_4)_2] / [\text{C}_2\text{O}_4^{2-}]^2,$$

$$[\text{Hg}^{2+}]_{\text{вільн.}} = 2,8 \cdot 10^{-6} \cdot [\text{Hg}(\text{CH}_3\text{COO})] / [\text{CH}_3\text{COO}^-],$$

$$[\text{Cd}^{2+}]_{\text{вільн.}} = 1,7 \cdot 10^{-6} \cdot [\text{Cd}(\text{C}_2\text{O}_4)_2] / [\text{C}_2\text{O}_4^{2-}]^2,$$

де  $[M(An)_n] = C_M - [M(Ind)]$ .

Концентрацію іонів  $[An]$  розраховували за формулою:

$$[An] = Ka_n \cdot [H_nAn]_p / [H^+]^n \cdot (C_{An} - n[M(An)_n]),$$

де  $Ka_n$  — константа дисоціації відповідної кислоти.

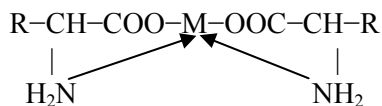
На підставі отриманих даних будували графік залежності  $A = f([M^{2+}])$  та графічною інтерполяцією визначали концентрацію вільних іонів металу для системи М-Інд-R. Рівноважну концентрацію амінокислот визначали у вигляді різниці:  $[R]_{рівн} = C_R - [M(R)_n]$  та аналогічно  $[M(R)_n] = C_M - [M(Ind)]$ . Концентрацію  $[M(Ind)]$  знаходили фотометрично. Результати обробляли методом математичної статистики.

**Апаратура.** Спектри світлопоглинання розчинів знімали, користуючись спектрофотометром СФ-46. Світлопоглинання розчинів вимірювали на КФК-3 за оптимальної довжини хвиль ( $\lambda_{opt}$ ) відносно води. Кислотність розчинів контролювали іономіром И-160 зі скляним електродом.

**Результати і обговорення.** Встановлено, що харчові продукти здатні зв'язувати іони  $Pb^{2+}$ ,  $Cd^{2+}$ ,  $Hg^{2+}$  як за рахунок комплексоутворення з функціонально-активними угрупованнями (ФАУ) їх основних компонентів, так і за рахунок фізичної адсорбції цих іонів поверхнею харчових продуктів. У випадку грибних продуктів, зокрема грибних порошоків, основними зв'язуючими центрами є фрагменти амінокислот, які є основою білкової частини їх.

Встановлено, що іони  $Pb^{2+}$ ,  $Cd^{2+}$ ,  $Hg^{2+}$  утворюють з амінокислотами, що входять до складу білків грибних продуктів, безбарвні комплексні сполуки [16], які поглинають світло в далекій ультрафіолетовій частині спектра.

Враховуючи вищевикладене, склад комплексів і дані літератури [16], можна очікувати, що координація іонів досліджуваних металів буде здійснюватися за атомами нітрогену аміногруп і атомами кисню внаслідок заміщення гідрогену в карбоксильних групах з утворенням двох 5-членних циклів.



За стійкістю утворюваних сполук досліджувані метали можна розташувати в такий ряд:  $Pb^{2+} > Hg^{2+} > Cd^{2+}$ , що збігається з даними про стійкість комплексів цих металів з іншими органічними кислотами. Найбільш стійкі комплекси амінокислоти утворюють з іонами  $Pb^{2+}$ , найменш — з іонами  $Cd^{2+}$ .

У табл. 1 наведені результати визначення зв'язуючої здатності досліджуваних зразків щодо іонів  $Pb^{2+}$ ,  $Hg^{2+}$ ,  $Cd^{2+}$ .

За здатністю адсорбуватися зразками порошоків біомаси гливи метали можна розташувати в такі ряди:

зразок № 1 —  $Cd > Hg > Pb$ ;

зразок № 2 —  $Cd > Pb > Hg$ ;



зразок № 3 — Cd > Pb > Hg;

зразок № 4 — Cd > Pb ≥ Hg.

**Таблиця 1. Результати визначення зв'язуючої здатності порошків гливи щодо іонів Pb<sup>2+</sup>, Hg<sup>2+</sup>, Cd<sup>2+</sup>**

Досліджуваний зразок	Сорбувалось іонів металу, мг/1 г досліджуваного зразка		
	Pb <sup>2+</sup>	Cd <sup>2+</sup>	Hg <sup>2+</sup>
1. Порошок біомаси гливи, вирощеної на соломі	39,4	76,5	65,5
2. Порошок біомаси гливи, вирощеної на шроті рапсу	39,6	66,0	20,5
3. Порошок біомаси гливи, вирощеної на шроті амаранту	32,9	71,0	20,5
4. Порошок біомаси гливи, вирощеної на шроті зародків пшениці	40,0	66,5	35,5

Слід зазначити, що грибні порошки виявили найкращі протекторні властивості стосовно кадмію. Тобто внесення досліджуваних порошків до складу нових м'ясних продуктів повинно надати їм певних протекторних властивостей насамперед щодо кадмію і дещо менших — щодо плумбуму.

Відмінність одержаних даних від результатів визначення стійкості комплексів Pb<sup>2+</sup>, Hg<sup>2+</sup>, Cd<sup>2+</sup> з амінокислотами у розчині підтверджує наше припущення про складний механізм зв'язування іонів металів грибними порошками: за рахунок утворення комплексних сполук з фрагментами амінокислот та іншими компонентами, що містять карбоксильні гідроксильні, аміно-, сульфгідрильні функціонально-активні угруповання, а також за рахунок фізичної адсорбції набухлою розвиненою поверхнею досліджуваних зразків.

Встановлено, що на зв'язуючу здатність грибних порошків щодо іонів Pb<sup>2+</sup>, Hg<sup>2+</sup>, Cd<sup>2+</sup> впливає також поживне середовище, на якому вирощені гриби.

За останнім чинником досліджені зразки порошків гливи можна розташувати в такі ряди:

за протекторними властивостями щодо іонів Cd<sup>2+</sup>: 1 > 3 > 2 = 4;

за протекторними властивостями щодо іонів Hg<sup>2+</sup>: 1 > 4 > 2 = 3;

за протекторними властивостями щодо іонів Pb<sup>2+</sup>: 4 ≥ 2 ≈ 1 > 3.

Найкраще зв'язують іони Cd<sup>2+</sup> та Hg<sup>2+</sup> ФАУ порошку гливи, що вирощена на соломі. Іони Pb<sup>2+</sup> добре зв'язуються ФАУ порошків гливи, що вирощена як на шроті зародків пшениці, так і на шроті рапсу та на соломі. Це можна пояснити як залежністю стійкості комплексів, що утворюються в розчині та у твердій фазі від властивостей катіона-комплексоутворювача, так і впливом факторів, які залежать від біохімічних і мікробіологічних процесів, які відбуваються у поживному середовищі під час вирощування грибів.

Pb<sup>2+</sup>, Hg<sup>2+</sup>, Cd<sup>2+</sup> належать до групи катіонів, у яких у зовнішній електронній оболонці знаходяться 18 (Hg<sup>2+</sup>, Cd<sup>2+</sup>) або 18+2 електрони (Pb<sup>2+</sup>). Велика кількість електронів у зовнішній оболонці сприяє їх здатності легко деформуватися та поляризуватися. Одним із чинників, що впливає на

стійкість комплексів  $Pb^{2+}$ ,  $Hg^{2+}$ ,  $Cd^{2+}$ , є їхні іонні радіуси. За цим показником досліджувані метали можна розташувати у такий ряд:  $Pb^{2+}$  (1,32 нм) >  $Hg^{2+}$  (1,12 нм) >  $Cd^{2+}$  (1,04 нм). Тобто у фазі набухлого грибного порошку приєднання катіону з меншим іонним радіусом до ФАУ енергетично більш вигідне, тому адсорбція іонів  $Cd^{2+}$  інтенсивніша.

Отримана інформація була використана при розробці нових ковбасних виробів з протекторними властивостями щодо іонів токсичних металів.

### Висновки

Вперше досліджені протекторні властивості грибних порошоків гливи, вирощеної на різних поживних середовищах, щодо іонів таких токсичних металів, як  $Pb^{2+}$ ,  $Hg^{2+}$ ,  $Cd^{2+}$ . Отримані кількісні характеристики зв'язуючої здатності досліджених зразків. Дані використані для створення нових ковбасних виробів з підвищеними протекторними властивостями стосовно іонів  $Pb^{2+}$ ,  $Hg^{2+}$ ,  $Cd^{2+}$ .

### Література

1. Костенко Є.Є. Вивчення здатності деяких основних компонентів молока та сумішей на його основі зв'язувати іони плюмбуму / Є.Є. Костенко, М.А. Тасенко, В.О. Ромоданова // Наук. праці УДУХТ. — 2001. — Ч. II, № 10. — С. 46 — 47.

2. Патент № 41841 А. Україна. МПК 7 G01N33/04. Спосіб визначення комплексоутворювальної здатності основних компонентів молока та сумішей на його основі / Костенко Є.Є., Ромоданова В.О., Тасенко М.А.; заявник і власник патенту Національний університет харчових технологій. — № 2001053132; заявлено 07.05.01; надрук. 17.09.2001, Бюл. № 8. — 4 с.

3. Костенко Є.Є. Дослідження комплексоутворення деяких металів з амінокислотами метал-індикаторним методом / Є.Є. Костенко, М.Г. Христіансен, О.М. Бутенко // Міжнародна науково-технічна конференція «Новітні технології, обладнання безпека та якість харчових продуктів: сьогодення та перспективи», Київ, 27—28 вересня 2010 р.: тези доп. — Київ, 2010. — С. 42.

4. Костенко Є.Є. Дослідження комплексоутворення плюмбуму (II) з валіном / Є.Є. Костенко, В.М. Ковбаса, В.А. Терлецька та ін. // Наукові праці НУХТ. — 2010. — № 33. — С. 30—32.

5. Костенко Є.Є. Дослідження комплексоутворення плюмбуму (II) з метіоніном / Є.Є. Костенко, В.М. Ковбаса, В.А. Терлецька та ін. // Харчова і переробна промисловість. — 2010. — № 2 (366). — С. 26—28.

6. Костенко Є.Є. Дослідження комплексоутворення плюмбуму (II) з лейцином / Є.Є. Костенко, В.М. Ковбаса, В.А. Терлецька та ін. // Наукові праці НУХТ. — 2009. — № 29. — С. 6—8.

7. Костенко Є.Є. Вивчення комплексоутворення  $Pb^{2+}$ ,  $Cd^{2+}$ ,  $Hg^{2+}$  з амінокислотами для прогнозування протекторних властивостей харчових продуктів / Є.Є. Костенко, О.М. Бутенко // Наукові праці НУХТ. — 2012. — № 44. — С. 85—91.

8. Костенко Є.Є. Протекторні властивості харчових продуктів, які не містять пектину, щодо Плюмбуму (II) / Є.Є. Костенко, Т.В. Стахмич, О.М. Бу-

тенко // Сесія наук. ради НАН України з пробл. «Аналітична хімія», Гурзуф, 16—19 травня 2011 р.: тези доп. — Київ, 2011. — С. 54.

9. Бабко А.К., Штокало М.Й. Металл — индикаторный метод изучения комплексов в растворе. — К.: Наукова думка, 1969. — 100 с.

10. Коростелев П.П. Приготовление растворов для химико-аналитических работ. — М.: Химия, 1967. — 379 с.

11. Полянский Н.Г. Аналитическая химия элементов. Свинец. — М.: Наука, 1986. — 352 с.

12. Гладышев В.П., Левицкая С.А., Филиппова Л.М. Аналитическая химия ртути. — М.: Наука, 1974. — 224 с.

13. Методы анализа чистых химических реактивов. — М.: Химия, 1984. — 280 с.

14. Костенко Е.Е. Фотометрическое определение микроколичеств свинца в питьевой воде с помощью сульфоназо III / Е.Е. Костенко, М.Г. Христиансен, Е.Н. Бутенко // Химия и технология воды. — 2002. — № 6. — С. 324—328.

15. Марченко З. Фотометрическое определение элементов: Пер. с польск. — М.: Мир, 1971. — 501 с.

16. Костенко Є.Є. Вивчення комплексоутворення  $Pb^{2+}$ ,  $Cd^{2+}$ ,  $Hg^{2+}$  з амінокислотами для прогнозування протекторних властивостей харчових продуктів / Є.Є. Костенко, О.М. Бутенко // Наукові праці НУХТ. — 2012. — № 44. — С. 85—91.

## **ИЗУЧЕНИЕ КОМПЛЕКСООБРАЗУЮЩИХ СВОЙСТВ ГРИБНЫХ ПОРОШКОВ ПО ОТНОШЕНИЮ К ИОНАМ $Pb^{2+}$ , $Cd^{2+}$ , $Hg^{2+}$**

Е.Ю. Костенко, Е.Н. Бутенко

*Национальный университет пищевых технологий*

*В статье изучена способность грибных порошков связывать ионы  $Pb^{2+}$ ,  $Cd^{2+}$ ,  $Hg^{2+}$ . Полученные количественные характеристики использованы для прогнозирования комплексообразующих свойств новых колбасных изделий по отношению к ионам  $Pb^{2+}$ ,  $Cd^{2+}$ ,  $Hg^{2+}$ .*

**Ключевые слова:** токсичные металлы, комплексообразующие свойства, пищевые продукты.

## MODERN DIRECTIONS TOWARDS IMPROVING THE BIOLOGICAL VALUE OF SPREADS

V. Mank, Y. Shemanska, I. Vinnichenko

National University of Food Technologies

I. Levchuk

SE "Ukrmetrteststandart"

---

**Key words:**

*Blended fat oils*

*Spreads*

*Essential fatty acids*

*Fatty acid composition*

*Biological value*

---

**Article history:**

Received 01.10.2014

Received in revised form

25.10.2014

Accepted 15.11.2014

---

**Corresponding author:**

Y. Shemanska

**E-mail:**

shemanska@ukr.net

---

**ABSTRACT**

The article analyses the questions of fat consumption and fat metabolism, as well as the ratio of corresponding fatty acids in the diet. The technology of spreads having balanced fatty acid composition has been scientifically grounded. The formulations of vegetable-cream spread butter, coconut and rapeseed oils, which ratio between linolenic and linoleic acid is 1:4.

## СУЧАСНІ НАПРЯМИ ПОКРАЩЕННЯ БІОЛОГІЧНОЇ ЦІННОСТІ СПРЕДІВ

В.В. Манк, Є.І. Шеманська, І.М. Вінніченко

Національний університет харчових технологій

І.В. Левчук

ДП «Укрметртестстандарт»

*У статті проаналізовано питання споживання та метаболізму жирів, співвідношення окремих жирних кислот у харчовому раціоні. Науково обґрунтовано технологію виробництва спредів збалансованого жирнокислотного складу. Розроблено рецептури рослинно-вершкових спредів на основі вершкового масла, кокосової та ріпакової олій, в яких співвідношення між ліноленою й лінолевою кислотами становить 1:4.*

**Ключові слова:** *купажовані жирові основи, спреди, есенціальні жирні кислоти, жирнокислотний склад, біологічна цінність.*

Останнім часом усе більшого значення набуває концепція здорового харчування, одним з аспектів якої є вживання функціональних продуктів. Жирові продукти є важливим компонентом у харчуванні людини. Згідно з сучасними науково обґрунтованими рекомендаціями науковців у галузі хар-

чування, фахівців-дієтологів, жири повинні забезпечувати приблизно 30 % енергетичної потреби в добовому харчовому раціоні людини [1].

Слід зазначити, що головною запорукою харчової цінності жиркових продуктів є жирнокислотний склад (ЖКС), точніше співвідношення поліненасичених і насичених жирних кислот. Науковці вважають (І.М. Скуріхин, А.П. Нечаєв, Н.В. Кацерикова, В.А. Тутельян), що вміст триацилгліцеролів у харчових продуктах повинен складати 10—20 % поліненасичених (ПНЖК), 50—60 % мононенасичених (МЖК) і 30 % насичених (НЖК) жирних кислот. За даними А.П. Нечаєва, на частку есенціальних жирних кислот повинно припадати 4—6 % енергетичної цінності харчового раціону здорової людини. Важливо, щоб співвідношення ПНЖК родин омега 6 та омега 3 складало не більше 10:1, а у випадках порушення ліпідного обміну — 5:1 і навіть 3:1 [2].

Один з найновіших напрямків розвитку сучасної харчової індустрії полягає у виробництві повноцінних збалансованих продуктів харчування підвищеної біологічної цінності. Виробництво конкурентоспроможної продукції з високими споживчими властивостями можливе лише за умови науково обґрунтованого підбору й ефективного використання емульгуючих, стабілізуючих і структуроутворюючих компонентів, а також нетрадиційних складових, які мають відповідні функціональні властивості.

Молочні продукти з підвищеним вмістом жиру вже давно стали незамінними продуктами харчування в багатьох країнах. Вони мають високу харчову цінність і відіграють важливу фізіологічну роль як джерело енергії та пластичного матеріалу для організму. Їхніми недоліками є ресурсоємність, калорійність і високий вміст холестерину. Так, молочний жир має дефіцит (менше 5 %) незамінних поліненасичених жирних кислот, таких як лінолева, ліноленова, арахідонова, високий вміст холестерину (до 240 мг на 100 г). До того ж склад молочного жиру є непостійним і коливається залежно від періоду року і умов харчування корів [3].

За таких умов стає актуальною концепція зниження масової частки молочного жиру в харчових продуктах для досягнення направлено збалансованого складу компонентів.

При розробці рецептур і технології отримання емульсійних продуктів, особливо спредів, враховують дефіцит у харчуванні населення важливих жирних кислот, фосфоліпідів і жиророзчинних вітамінів. ЖКС ліпідного комплексу спредів, які розробляють останнім часом, регулюють комбінуванням молочної основи з різними нетрадиційними для молочної промисловості видами рослинних олій. Як сировину для проектування жирової основи спредів при оптимізації їх жирнокислотного складу пропонується використовувати композиції з молочного жиру, кокосової та ріпакової олій.

**Метою дослідження** є розробка технології купажованих жиркових основ зі збалансованим складом есенціальних жирних кислот для виробництва вершково-рослинних спредів підвищеної біологічної цінності.

**Результати і обговорення.** Для покращення біологічної цінності й оптимізації ЖКС спредів запропоновано застосування рослинних олій, які містять у складі жирних кислот омега-3 альфа-ліноленову кислоту вище 5 %. Досліджено і проаналізовано особливості жирнокислотного складу ряду рослинних

олій і для подальших досліджень обрано рафіновану ріпакову олію тому, що ця олія виробляється на деяких олієжирових підприємствах України у промислових об'ємах і має сприятливий для купажування баланс омега-3/омега-6.

Наступним компонентом жирових основ спредів є тропічні олії. Консистенція жиру, яка визначається твердістю, в основному залежить від кількісного співвідношення твердої та рідкої фракції жиру, а також від фізичних властивостей твердих фракцій. Більшість рослинних саломасів містить від 18 до 32 % високоплавкої твердої фракції з температурою плавлення 50—51 °С. Зниження високоплавкої та підвищення низькоплавкої фракції у жировій основі проводять за рахунок додавання тропічних олій. У табл. 1 наведено основні характеристики тропічних олій, які використовуються в маргариновому виробництві.

*Таблиця 1. Основні характеристики тропічних олій*

Показники	Кокосова ДСТУ 4562:2006	Пальмоядрова ДСТУ 4563:2006	Пальмова ДСТУ 4306:2004
Масова частка твердих тригліцеридів, % при 20 °С	30,1—38,8	34,2—45,5	22—31
Насичені жирні кислоти, %	93,8—85,5	87,2—77,3	56,8—44,5
Мононенасичені кислоти, %	5,2—11,5	12,0—19,0	36,7—43,0
Лінолева (ω-6) кислота, %	1,0—2,5	0,8—3,5	6,5—12,0
α-ліноленова (ω-3) кислота, %	До 0,5	До 0,2	До 0,5
Коефіцієнт ПНЖК/НЖК	0,01—0,04	0,01—0,05	0,11—0,28
Співвідношення ω-3/ω-6	1:5	1:17,5	1:24

Дані, наведені у табл. 1, свідчать, що кокосова олія є бажаним компонентом жирової основи завдяки низькій температурі плавлення та сприятливому співвідношенню омега-3/омега-6 жирних кислот.

*Таблиця 2. Рецептури вершково-рослинних спредів*

Рецептурні компоненти, %	Спред з вмістом жиру 82,25 %	Спред з вмістом жиру 72 %	Спред з вмістом жиру 60 %
Масло вершкове	25,0	25,0	25,0
Саломас	13,25	10,5	10,5
Кокосова олія	10,75	9,0	8,0
Соняшникова олія	3,0	2,5	16,5
Ріпакова олія	30,25	25,0	-
Сосвий лецитин	0,4	0,3	0,4
Емульгатор Е471	0,6	0,6	0,6
Сухе молоко	4,0	4,0	4,0
Цукор	3,0	3,0	3,0
Вода	9,75	20,1	32,0
Разом	100	100	100

З метою оптимізації жирнокислотного складу запропоновано створення спредів на основі вершкового масла, соняшникового саломасу та кокосової олії з додаванням рафінованої ріпакової олії.

Для розрахунку складу купажів нами розроблена комп'ютерна програма (на мові програмування Паскаль), яка дозволяє розрахувати жировий набір

сумішей збалансованого жирнокислотного складу. За оптимальний жирнокислотний склад купажу прийнято такий: МЖК: НЖК :ПЖК як 3:1,5:1, співвідношення  $\omega$ -6 до  $\omega$ -3 ПЖК 4:1. До алгоритму програми було закладено жирнокислотний склад досліджуваних жирів та олій.

Експериментально визначено співвідношення компонентів суміші, яке забезпечує задану консистенцію. Для подальших досліджень обрано рецептури спредів, які гарантують раціональне співвідношення омега-3/омега-6 жирних кислот з урахуванням норм їх споживання (табл. 2).

За розробленими рецептурами було виготовлено зразки спредів, які досліджено на відповідність чинній нормативній документації. Органолептичні та фізико-хімічні показники спредів наведено у табл. 3.

*Таблиця 3. Органолептичні і фізико-хімічні показники вершково-рослинних спредів*

Показники	Спред жирністю 82,25 %	Спред жирністю 72 %	Спред жирністю 60 %	Вимоги ДСТУ 4445:2005 «Спреди та суміші жирів»
Консистенція і зовнішній вигляд	Однорідна, щільна консистенція, відсутні вкраплення жиру іншої консистенції			Однорідна або зерниста, щільна, у розтопленому стані прозора, без осаду
Смак і запах	Специфічний присмак і запах молочного жиру, відсутній присмак рослинних олій.			Специфічний присмак і запах молочного жиру. Дозволено незначний присмак рослинних олій
Колір	Жовтий	Жовтий	Світло-жовтий	Від світло-жовтого до жовтого, однорідний за всією масою
Температура плавлення жиру, °С	28	27	27	Від 27 до 36
Масова частка трансізомерів олеїнової кислоти в жирі в перерахунку на метилелаїдат, %	6,66	7,21	7,27	Не більше, ніж 8
Кислотність жирової фази, градусів Кетгсторфера	0,37	0,37	0,39	Не більше, ніж 2,5
Пероксидне число, ммоль активного кисню/кг	3,2	3,1	2,8	При випуску із заводу — 5, наприкінці зберігання — 10

Дані табл. 3 свідчать, що розроблені спреди відповідають вимогам ДСТУ 4445:2005 «Спреди та суміші жирів». Введення рафінованої ріпакової олії не вплинуло на органолептичні характеристики спредів, температура плавлення і кислотність відповідають встановленим нормам. Слід відмітити, що рівень трансізомерів жирних кислот не перевищує встановленої у маргариновій продукції норми 8 %.

Біологічна і харчова цінність жирових продуктів характеризується складом і співвідношенням жирних кислот. Жирнокислотний та ізомерний склад вершково-рослинних спредів аналізувався на газовому хроматографі Agilent 6890

(США) з капілярною колонкою, програмним режимом та іонізаційно-полум'яним детектором. Методика приготування метилових ефірів згідно з ДСТУ ISO 5509-2002, аналізування методом газової хроматографії відповідно до ДСТУ ISO 5508-2001 [4, 5]. При аналізі ЖКС критеріями біологічної цінності продукту прийняті співвідношення поліненасичених, мононенасичених і насичених жирних кислот, омега-3 і омега-6 есенціальних жирних кислот (табл. 4).

*Таблиця 4. Жирно-кислотний склад вершково-рослинних спредів*

Назва жирних кислот	Рецептури спредів		
	82 % жирності	72 % жирності	60 % жирності
Масляна (C <sub>4:0</sub> )	1,03	0,87	1,34
Гексанова (C <sub>6:0</sub> )	0,65	0,57	0,85
Октанова (C <sub>8:0</sub> )	1,50	1,30	1,87
Деканова (C <sub>10:0</sub> )	1,53	1,36	1,90
Лауринова (C <sub>12:0</sub> )	7,39	6,54	8,83
Міристинова (C <sub>14:0</sub> )	5,40	4,96	6,41
Пальмітинова (C <sub>16:0</sub> )	12,24	11,68	14,13
Стеаринова (C <sub>18:0</sub> )	6,02	6,02	6,88
Олеїнова (C <sub>18:1цис</sub> )	38,60	40,32	23,81
Елаїдинова (C <sub>18:1транс</sub> )	6,66	7,21	7,27
Лінолева (C <sub>18:2</sub> )	12,73	12,76	23,29
Ліноленова (C <sub>18:3</sub> )	2,86	3,10	0,23
Арахінова (C <sub>20:0</sub> )	0,39	0,41	0,21
Гадолеїнова (C <sub>20:1</sub> )	0,818	0,84	0,39
Насичені (НЖК)	36,14	33,71	42,45
Поліненасичені (ПНЖК)	15,89	16,18	23,93
Мононенасичені (МНЖК)	46,08	48,37	31,49
Відношення ω-3/ω-6	1:4,5	1:4,1	1:99,1

Високий вміст ненасичених жирних кислот у складі спредів свідчить про їх високу харчову та фізіологічну цінність. За результатами досліджень співвідношення омега-3/омега-6 кислот у складі спредів складає (1:4,1...1:4,5). Вказане співвідношення відповідає рекомендованому дієтологами співвідношенню есенціальних жирних кислот для оздоровчо-профілактичного харчування.

### **Висновки**

Проведені дослідження показали, що розроблені спреди підвищеної біологічної цінності наближаються до формули збалансованого харчового раціону і можуть бути рекомендовані до використання в оздоровчо-профілактичному й дієтичному харчуванні. Збалансоване співвідношення омега-3/омега-6 кислот відрізняє спреди від традиційних аналогів на основі соняшникової олії. При цьому співвідношення між ліноленовою та лінолевою кислотами в розроблених спредах становить 1:4, а співвідношення між насиченими, мононенасиченими й поліненасиченими жирними кислотами 2:3:1.

### **Література**

1. Паска М.З. Технологія маргаринів та промислових жирів: навч. посіб. / М.З. Паска, І.М. Демідов, О.І. Жук; ЛНУВМБТ ім. С.З. Гжицького. — Львів: СПОЛОМ, 2013. — 188 с.



2. *Иванов С.В.* Технология купажованих жирів збалансованого жирнокислотного складу: Монографія / С.В. Иванов, Л.В. Пешук, І.Г. Радзівська. — К. НУХТ, 2013. — 210 с.

3. *Петрина А.* Нове в технологіях спредів з наповнювачами / А. Петрина, Г. Тимчук, О. Грек // Продукты & ингредиенты. — 2010. — № 2 (66). — С. 32—33.

4. *Жири* та олії тваринні і рослинні. Приготування метилових ефірів жирних кислот (ISO 5509:2000, IDT): ДСТУ ISO 5509-2002. — [Чинний від 2003.10.01]. — К.: Держстандарт України, 2003. — 22 с. — (Національний стандарт України).

5. *Жири* та олії тваринні і рослинні. Аналізування методом газової хроматографії метилових ефірів жирних кислот (ISO 5508:1990, IDT) : ДСТУ ISO 5508-2001. — [Чинний від 2002.01.01]. — К.: Держстандарт України, 2001. — 24 с. — (Національний стандарт України).

## **СОВРЕМЕННЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ УЛУЧШЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЦЕННОСТИ СПРЕДОВ**

**В.В. Манк, Е.И. Шеманская, И.Н. Винниченко**

*Национальный университет пищевых технологий*

**И.В. Левчук**

*ГП «Укрметртестстандарт»*

*В статье проанализированы вопросы потребления и метаболизма жиров, соотношения отдельных жирных кислот в пищевом рационе. Научно обоснована технология производства спредов сбалансированного жирно-кислотного состава. Разработаны рецептуры растительно-сливочных спредов на основе сливочного, кокосового и рапсового масла, в которых соотношение между линолевой и линоленовой кислотой составляет 1:4.*

**Ключевые слова:** *купажированные жировые основы, спреды, эссенциальные жирные кислоты, жирнокислотный состав, биологическая ценность.*

УДК631.15/17:633.66(100)

## **PRODUCTION AND USE OF STEVIA (*STEVIA REBAUDIANA BERTONI*) WORLDWIDE**

**M. Roik, I. Kuznetchova**

*Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beets of NAAS*

**V. Zaharevich**

*National University of Food Technologies*

---

**Key words:**

*Market  
Stevia  
Stevioside  
Dehydrated cooked food  
Food products*

---

**Article history:**

Received 26.10.2014

Received in revised form

13.11.2014

Accepted 02.12.2014

---

**Corresponding author:**

M. Roik

**E-mail:**

npuht@ukr.net

---

**ABSTRACT**

The article reviews the current state and development prospects of Stevia and products of its processing. The importance of Stevia for people with various forms of diabetes is highlighted. The specific features of organoleptic characteristics of the main components of steviosides affecting the taste of food products are presented.

## **ВИРОБНИЦТВО І ВИКОРИСТАННЯ СТЕВІЇ (*STEVIA REBAUDIANA BERTONI*) У СВІТІ**

**М.В. Роїк, І.В. Кузнєцова**

*Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН*

**В.Б. Захаревич**

*Національний університет харчових технологій*

*У статті розглянуто сучасний стан і перспективи розвитку виробництва стевії та продуктів її перероблення. Підкреслено важливість стевії для людей, хворих на різні форми цукрового діабету. Висвітлено особливості органолептичних особливостей основних компонентів речовин дитерпенових глікозидів стевії, які впливають на смакові якості харчових продуктів.*

**Ключові слова:** *ринок, стевія, стевіозид, концентрат, харчові продукти.*

Світовий ринок цукристих речовин у 2011 р. становив 80 млрд дол. США, з яких: цукор — 82 %, глюкозо-фруктозні сиропи — 9 %, інші цукрозамінники — 9 %. Переважну частину інших цукрозамінників становить виробництво натуральних цукрозамінників із стевії, тобто з 173,0 млн тонн цукру, виробленого у світі (2011/12 МР), 20 % цукру може бути замінено продуктами переробки стевії.

Нещодавно Японія була практично єдиним споживачем виробленої стевії та продуктів її переробки у світі (близько 90 %), а вже сьогодні попит на цю культуру й споживання продуктів перероблення зростає в США, Китаї, Німеччині, Росії, В'єтнамі, Єгипті, Індонезії тощо. Згідно зі світовими прогнозами, у 2014 р. потреба у продуктах переробки стевії буде становити 11 тис тонн, що призведе до збільшення виробництва листків стевії у 3 рази [5].

Тривалий час асортимент продуктів переробки стевії був незначним, що в основному пояснюється сприйняттям споживачами продукції «інтенсивності» солодкості. Концентрати й отримані у чистому вигляді стевіозиди використовували у виробництві безалкогольних напоїв. Розвиток наукового прогресу, а згодом і налагодження виробництва інших солодких речовин зі стевії (наприклад, ребаудиозиду А) надав можливість значно розширити напрями її використання у харчовій промисловості. Якщо порівнювати «інтенсивність солодкості» цукру й основних складових речовин дитерпенових глікозидів (стевіозиду та ребаудиозиду А), то спостерігається різне сприйняття (табл. 1) [1, 3].

*Таблиця 1. «Інтенсивність» солодкості цукристих речовин*

Цукриста речовина	Сприйняття, с
Ацесульфам К	0,15
Цукор	0,28
Ребаудиозид А	0,39
Суклароза	0,75
Аспартам	1,20
Стевіозид	2,00
Неотам	2,35

Сприйняття солодкості ребаудиозиду А практично наближене до цукру, а стевіозиду значно поступається. Використання «інтенсивності» солодкості ребаудиозиду А або концентратів із підвищеним його вмістом надає можливість отримати молочні та кондитерські вироби із практично нульовою (18 ккал) калорійністю. Розвиток наукового прогресу дозволяє сьогодні отримувати зі стевії як найбільш солодкі, так і більш гіркі компоненти.

Продукти переробки стевії знайшли застосування у прямому споживанні і як складові у виробництві харчових продуктів спеціального призначення. Біологічна цінність продуктів переробки стевії полягає у компонентному складі, що дозволяє їх рекомендувати до споживання людям, що обмежують у щоденному раціоні вживання вуглеводнів, і хворим на різні форми цукрового діабету й ожиріння.

Наслідком збільшення захворювань на різні форми цукрового діабету є зменшення тривалості життя націй та, відповідно, підвищення смертності. За даними експертів Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ), щорічне зростання кількості хворих на різні форми цукрового діабету становить 4 %, а в розвинутих країнах світу близько 6 %. Згідно з даними Українського діабетичного союзу, загальна кількість хворих на різні форми цукрового діабету у світі

становить близько 150 млн осіб, в Україні — близько 1 125 тис. осіб [6]. За даними Державного комітету статистики України, у 2011 р. за тривалістю життя населення Україна посіла 161 місце. Для жінок тривалість життя становить 74 роки, для чоловіків — 61 рік. На думку геронтологів, через 25 років практично кожний третій житель країни буде старшим за 60 років, що призведе до значного зростання хворих на цукровий діабет 2 типу [7].

За оцінками експертів FDA (2008 р.), обсяги реалізації продуктів переробки стевії в США значно перевищували обсяги реалізації аспартаму та сахарину. Такі компанії, як Pepsi-Cola та Coca-Cola нещодавно повністю перейшли на використання продуктів переробки стевії замість штучних цукрозамінників.

За даними експертів США, реалізація продуктів переробки стевії швидко зросла і в 2009 р. становила близько 809 млн дол. США. Стевія використовувалися у більш ніж 38 найменувань харчових продуктів. У 2010 р. Використання продуктів переробки стевії було збільшено на 87 %.

У 2007 р. в Єгипті був введений в експлуатацію завод з переробки стевії потужністю 400 кг стевіозиду на рік [2]. Ще у минулому столітті листки стевії та продукти їх переробки стали основним заміном цукру в Японії і їх використання у повсякденному харчуванні становить близько 45 %.

У світі, за даними корпорації Stevia Corp. (OTCBB: STEV), найбільші обсяги реалізації концентратів стевії були досягнуті в 2010 р. і становили 3,5 тис. тонн на суму 285 млн дол. США. У даний час збільшується попит на листки стевії та продукти їх переробки, про що свідчить збільшення площ під її плантаціями. Так, корпорація Stevia Corp. надає наукові консультації виробникам В'єтнаму з фінансуванням проектів для закладання плантацій та їх підтримки на рівні: державному — 50 га, регіональному — 20 гектарів. У 2010 р. за рахунок впровадження нових харчових продуктів на основі стевії компанією Mintel було збільшено виробництво продуктів переробки стевії на 200 %, що надало можливість отримати при їх реалізації близько 2 млрд дол. США у 2011 році. За даними компанії Nielsen (США), збільшення виробництва продукції із стевії на 126 % дозволило підвищити прибуток у 2009 р. на 357 млн дол. США, що в загальному становило 809 млн дол. США. Аналітиками Euromonitor повідомляється, що в 2010 р. в Європі збільшилось виробництво продукції із стевії на 87 % і, за прогнозами, має подальшу тенденцію до зростання [5]. Дані підтверджуються збільшенням затвердженої нормативної документації, розробленої Європейською асоціацією стевії.

Наведені дані показують зростання попиту як на саму стевію, так і на продукти її перероблення. Основними кроками наукового розвитку для цього стали [5]:

- 2008 р. — FDA затвердження стевії, що сприяє розвитку виробництва у США;
- 2009 р. — у США продаж продуктів перероблення стевії перевищує продаж сахарину й аспартаму;
- 2011—2012 рр. — більш ніж 6000 харчових продуктів, напоїв і лікарських засобів виробляється на основі стевії.

Як харчова добавка продукти переробки стевії затверджені (з квітня 2011 р.) у Північній Америці (США, Канада, Мексика), Латинській Америці

(Аргентина, Бразилія, Чилі, Колумбія, Еквадор, Парагвай, Перу, Уругвай, Венесуела), Азіатсько-Тихоокеанському регіоні (Австралія, Бруней, Китай, Гонконг, Індонезія, Японія, Малайзія, Нова Зеландія, Сінгапур, Південна Корея, Тайвань, Таїланд, В'єтнам), Європі (Франція, Швейцарія, Росія).

Незважаючи на інтенсивний розвиток галузі виробництва та переробки стевії, основними виробниками стевії як сировини залишаються Китай і Парагвай. Листки стевії, отримані в Китаї, не завжди відповідають основним показникам якості, що ускладнює та здорожчує їх перероблення.

Оплата за листки стевії здійснюється відповідно до їх якості. Так у 2011 р. їх вартість становила [5]:

- перший клас якості листків — від 1 до 1,50 дол. США за кг;
- другий клас якості листків — від 0,80 до 1,00 дол. США за кг;
- стевія стандартного класу для промислового використання реалізувалась в середньому по 0,66 дол. США за 1 кг.

У Бразилії переробні підприємства скуповували сировину за 1—1,1 дол. США за 1 кг сушеного листа стевії. Інші країни (особливо за сировину для концентратів) платили 1,30—1,50 дол. США за 1 кг [5].

В Україні виробництво продуктів переробки стевії тільки розвивається і точного обліку їх виробництва на даний час немає. Порівняно низький попит призвів до того, що на сьогодні вирощування стевії здійснюється на площі близько 50 га. Проте виробництво будь-якого продукту визначається відповідністю за якісними показниками сировини. На сьогодні ринок вітчизняних продуктів на основі натурального замітника, отриманого із стевії, представлений в основному безалкогольними напоями. Також для прямого вживання реалізуються концентрати стевії, отримані харківським переробним підприємством, ПП «Стевія» (АР Крим) і ТОВ «Апїкосметик» (м. Київ). Асортимент продукції ще не розвинутий. Виробляються лише листки стевії сушеної для фіточаїв і концентрат стевії. Частина (15—16 %) продукції експортується в Росію (ТОВ «Стевія»), Білорусь (ТОВ «Булинь») і Литву (ЗАТ «Юмента») [6]. Необхідно відмітити, що в Україні спостерігається повільний розвиток даного напрямку. Проте у 2010 р. укладено договір про імпорт продуктів перероблення стевії переважно для виробництва безалкогольних напоїв.

Для солодких газованих безалкогольних напоїв важливе значення мають смако-ароматичні якості. Однак у світі поступово зростає попит на напої з охолоджуючим ефектом, який створюється у продукті за рахунок використання натуральних ароматизаторів. Ароматизований безалкогольний напій, вироблений на основі стевії, має також і низькокалорійний ефект. Ринок смако-ароматичних інгредієнтів України представлений переважно компаніями «Делер-Україна» (60—65 %), «Вільд-Україна», «Есаром Україне», «Етол-Україна», «Фрут-Аром», «Живодан», тощо.

У 2010 р. компанією «Делер-Україна» підписано партнерську угоду з компанією PureCircle — лідером з виробництва і маркетингу високоякісних продуктів зі стевії. Метою угоди є розвиток інноваційних інгредієнтів на основі стевії, індивідуально підібраних для певного споживача.

Науковим забезпеченням розвитку напряму виробництва та переробки стевії у світі займаються провідні установи з комплексного дослідження лікарських культур Росії, Німеччини, Китаю, Індії, США, Угорщини, Кореї, Японії, Франції, Таїланду, В'єтнаму Австралії та Малайзії. В Україні наукове забезпечення даного напряму з 80-х років минулого століття здійснює Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН.

### Висновки

В Інституті біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН спільно із ТОВ «Апікосметик» удосконалено технологію виробництва концентрату із стевії. Даний концентрат має відповідні органолептичні та фізико-хімічні показники, які зберігаються протягом двох років без змін. За рахунок удосконалення технології виробляється екологічно чистий натуральний цукрозамінник (концентрат), що має багатий компонентний склад біологічно цінних речовин, які надають продукту фармакологічної дії [4].

Проблемним питанням у розвитку виробництва і переробки стевії в Україні залишається нормативно-правова база. На сьогодні концентрати виробляються з дотриманням технічних умов. Практично відсутній контроль обігу та якості стевії сушеної й продуктів перероблення в Україні. На жаль, залишаються недосконалими методи визначення основних показників якості стевії та продуктів її переробки.

Враховуючи низку неврегульованих питань, в Інституті біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН здійснюються заходи щодо встановлення контролю за якістю концентратів, вироблених із стевії, та підвищення ефективності їх визначення.

### Література

1. *Abou-Arab A.E.* Phisico-chemical assessment of natural sweeteners steviolosides produced from *Stevia rebaudiana* bertroni plant [текст] / A.E. Abou-Arab, A.A. Abou-Arab, M.F. Abou-Salem // — A.J. of Food Science 4(5). 2010. — P. 269—281.
2. *Mohamed Diaa ELDin Soliman.* Stevia Plant, Natural Concentrated Sweeteners [текст] / Mohamed Diaa ELDin Soliman // Egyptian Society of Sugar Technologists. Annual Conference in Arabic, Dec. 2—4, 2007.
3. *Глобальный* рост рынка стевии в мире [Електронний ресурс]: DairyNews. Матеріал предоставлен компанией «ЭкоСервис». 19.06.2012.
4. *Роїк М.В.* Біоконцентрати стевії у збалансованому харчуванні [текст] / М.В. Роїк, І.В. Кузнецова // Матеріали бізнес-форуму (26.04.2012.) «Формування національної політики збалансованого виробництва і споживання: спільні дії влади бізнесу і громадськості» / — Київ, 2012. — С. 300—304.
5. *Новини stevia.org* [Електронний ресурс]. — Режим доступу: Портал stevia.org.
6. *Портал* Державного комітету статистики України [Електронний ресурс]. — Режим доступу: diabetes.in.ua.
7. *Портал* Українського діабетичного союзу [Електронний ресурс]. — Режим доступу: ukrstat.gov.ua.

## **ПРОИЗВОДСТВО И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СТЕВИИ (*STEVIA REBAUDIANA BERTONI*) В МИРЕ**

**Н.В. Роиц, И.В. Кузнецова**

*Институт биоэнергетических культур и сахарной свеклы НААН*

**В.Б. Захаревич**

*Национальный университет пищевых технологий*

*В статье рассмотрено современное состояние и перспективы развития производства стевии и продуктов ее переработки. Подчеркнута важность стевии для людей, больных различными формами сахарного диабета. Освещены особенности органолептических особенностей основных компонентов веществ дитерпеновых гликозидов стевии, которые влияют на вкусовые качества пищевых продуктов.*

**Ключевые слова:** рынок, стевия, стевиозид, концентрат, пищевые продукты.

УДК 664.126.1.038

## **EVALUATING THE IMPACT OF MECHANICAL ACTIVATION ON IMPROVING THE BIOAVAILABILITY OF COMPONENTS OF PROTEIN-CONTAINING SEMI PRODUCTS**

L. Solodko, H. Simakhina

*National University of Food Technologies*

---

**Key words:**

*Sugar beet  
Ramson  
Dispersion  
Mechanical activation  
Digestibility  
Assimilability  
Particle size distribution*

**Article history:**

Received 30.09.2014  
Received in revised form  
12.10.2014  
Accepted 25.10.2014

---

**Corresponding author:**

L. Solodko  
**Email:**  
npnuht@ukr.net

---

**ABSTRACT**

The article represents the results of experimental researches of influence of grinding methods of dried protein-containing semi products from overground part of the plants on the grade of bioavailability of their components. It was found that the processing of plant materials in a disintegrator, accompanied with mechanical activation effects, enables to increase the biological value of a product and maximally transform the biologically active substances (BAS) into a free form, and thus to improve their bioavailability and consequently to enhance the curative effects.

## **ОЦІНКА ВПЛИВУ МЕХАНОАКТИВУВАННЯ НА ПІДВИЩЕННЯ БІОДОСТУПНОСТІ КОМПОНЕНТІВ ПРОТЕЇНОВІСНИХ НАПІВФАБРИКАТІВ**

Л.М. Солодко, Г.О. Сімахіна

*Національний університет харчових технологій*

*У статті наведено результати експериментальних досліджень впливу способу подрібнення висушених білковісних напівфабрикатів із надземної маси рослин на ступінь біодоступності їх компонентів. З'ясовано, що оброблення рослинних матеріалів у дезінтеграторі, яке супроводжується ефектами механоактивування, надає можливість підвищити біологічну цінність продукту, максимально перевести біологічно активні речовини (БАР) у вільну форму, а отже, підвищити їх біодоступність і, відповідно, посилити оздоровчі ефекти.*

**Ключові слова:** *цукровий буряк, черемша, диспергування, механоактивування, перетравлюваність, засвоюваність, гранулометричний склад.*



Актуальним завданням, що постає перед сучасною харчовою промисловістю, є використання інноваційних підходів до перероблення рослинної сировини на біологічно активні добавки до їжі та напівфабрикати для збагачення харчових продуктів з метою створення конкурентоспроможної продукції оздоровчого й профілактичного призначення, що відзначалася б істотним попитом як на вітчизняному, так і на світовому ринках. Одним із основних процесів у технології виробництва дістичних добавок та функціональних інгредієнтів є процес подрібнення, оскільки засвоюваність останніх, а відтак, їхній профілактичний, оздоровчий і лікувальний ефекти значною мірою визначаються ступенем дисперсності матеріалу. Відомо, що порошкоподібні рослинні матеріали, які використовуються як біодобавки до харчових продуктів, повинні мати дисперсність не вище 100 мкм.

Сучасним прогресивним способом подрібнення вважається криогенне, для реалізації якого необхідні спеціальні млини та рідкий азот, що, у свою чергу, збільшує собівартість продукту. Слід зазначити, що проведені дослідження з вивчення ефективності дезінтеграторного диспергування сухих сублімованих продуктів доводять можливість досягнення значної дисперсності та підвищення біологічної активності компонентів рослинних порошків за рахунок механоактивування [1].

Нами проведено дослідження, присвячені отриманню з нетрадиційних сировинних джерел протеїновмісних добавок і напівфабрикатів з метою подальшого їх застосування як сухих протеїново-вітамінних композитних сумішей для використання у хлібобулочному виробництві, отримання соусів, приправ, снєків тощо. Для реалізації поставленої мети необхідно отримати продукт у вигляді тонкодисперсного порошку з високими органолептичними та фізико-хімічними показниками, а також істотною біологічною активністю при максимальному збереженні всіх нутрієнтів. Відомо, що біологічна цінність складних білкових систем безпосередньо залежить від ступеня протеолізу білків, доступності окремих амінокислот для засвоєння та інших факторів.

З літературних джерел відомо, що при швидкісному диспергуванні внаслідок механічного руйнування структури об'єкта виділяється теплота, що призводить до розігріву продукту. При цьому на поверхні робочих органів подрібнювача локальні температури можуть досягати сотень градусів за Цельсієм, унаслідок чого відбувається руйнування БАР, інактивація ферментів та інші небажані впливи на біокомпоненти готових продуктів [2].

**Метою дослідження** є експериментальне підтвердження теоретичних уявлень про вплив дезінтеграторного диспергування-активування рослинних матеріалів на ступінь дисперсності, біохімічні зміни, які відбуваються при механо-деструкції рослинної сировини, зокрема на здатність білків до перетравлювання в умовах, що моделюють процес у шлунково-кишковому тракті людини.

**Об'єктами дослідження** є висушена при низьких температурах до залишкової вологості 8...12 % надземна частина цукрового та столового буряку, моркви, листя черемші, кропиви, лист і стебло портулаку городнього.

**Обладнання і методи дослідження.** Для подрібнення досліджуваних рослинних матеріалів використовували дезінтегратор-активатор УДА-2,5 Таллінського СКТБ «Дезінтегратор» і лабораторний млин ЛЗМ-1.

Гранулометричний склад порошоків із рослинних матеріалів, подрібнених у дезінтеграторі, визначали шляхом розсіювання досліджуваних проб на наборі сит з розміром комірок, мм: 0,500; 0,315; 0,250; 0,200; 0,160; 0,100.

**Результати дослідження.** Згідно з отриманими даними (табл. 1), всі порошки, отримані за допомогою дезінтегратора-активатора, мають у своєму складі від 82,9 до 95,4 % фракцій з розміром часток до 100 мкм, а отже, відповідають вимогам, що висуваються до харчових збагачувачів.

*Таблиця 1. Гранулометричний склад порошоків із листової рослинної сировини*

Продукт	% часток із розмірами <100 мкм	% часток із розмірами 101...160 мкм	% часток із розмірами 161...200 мкм	% часток із розмірами >250 мкм
Цукровий буряк	93,5	2,1	1,3	3,1
Столовий буряк	91,9	1,7	1,6	4,8
Кропива	86,2	2,5	2,3	9,0
Портулак	82,9	6,0	3,4	7,7
Морква	91,2	2,7	1,9	4,2
Черемша	95,4	1,5	0,9	2,2

Також було проведено оцінку впливу тонкодисперсного подрібнення на ступінь перетравності білкових речовин висушеної рослинної сировини.

Для проведення порівняльних досліджень рослинну сировину, попередньо висушену при низьких температурах до залишкової вологості 8...12 %, подрібнювали в лабораторному млині і в дезінтеграторі протягом 60 секунд. Отримані зразки піддавали послідовному ферментативному гідролізу пепсином і трипсином в умовах *in vitro* за стандартною методикою О.О. Покровського та І.Д. Єртанова [3]. В продуктах ферментолізу визначали вміст розчинного білка за кольоровою реакцією Лоурі та виражали в умовних одиницях — мг тирозину на 1 г білка. Ступінь перетравлюваності білків оцінювали за різницею між кількістю білка, взятого для гідролізу, й того, що залишився після послідовної обробки пепсином, трипсином і хемотрипсином, і виражали у відсотках загальної кількості взятого для гідролізу протеїну. Порівняльна характеристика ступеня перетравлюваності подрібнених за різних умов сухих зразків листя цукрового буряку та черемші представлена на рис. 1.

Разом з цим, для більш детального вивчення впливу процесу тонкого подрібнення на біологічну цінність висушених порошокоподібних продуктів із зеленої маси рослин було досліджено швидкість накопичення вільних амінокислот у середовищі під дією пепсину протягом 60 хв (у перерахунку на 100 г продукту) з інтервалом відбору проб у 10 хвилин. Результати проілюстровано у вигляді графіків (рис. 2) швидкості процесу пепсинового гідролізу в умовах *in vitro* для зразків листя цукрового буряку та черемші.

Аналіз кривих процесу пепсинолізу дозволяє констатувати очевидність залежності швидкості даного процесу від стану та способу подрібнення листової сировини.

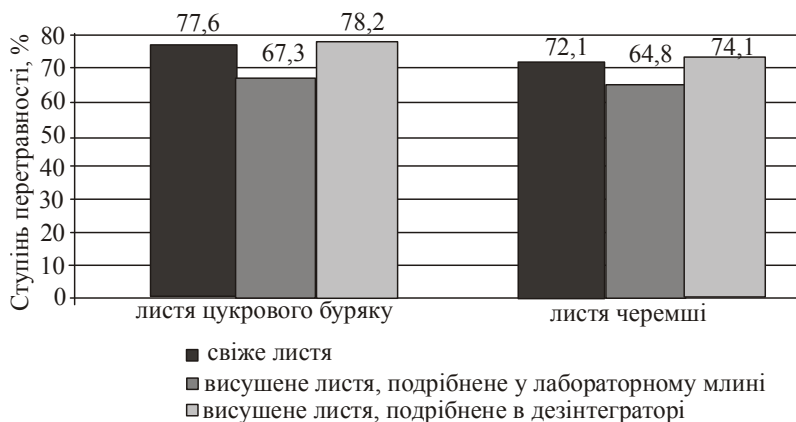


Рис. 1. Залежність ступеня перетравлюваності білків рослинної сировини в умовах *in vitro* від способу подрібнення

Характер цієї залежності є ідентичним як для листя цукрового буряку, так і для листя черемші, а саме: швидкість накопичення вільних амінокислот під час пепсинового гідролізу максимальна протягом перших 20 хв для зразків, подрібнених в дезінтеграторі, для свіжого листя, навпаки, зростає після 20 хв оброблення пепсином, а для зразків, подрібнених в лабораторному млині, — залишається майже сталою протягом усього експерименту.

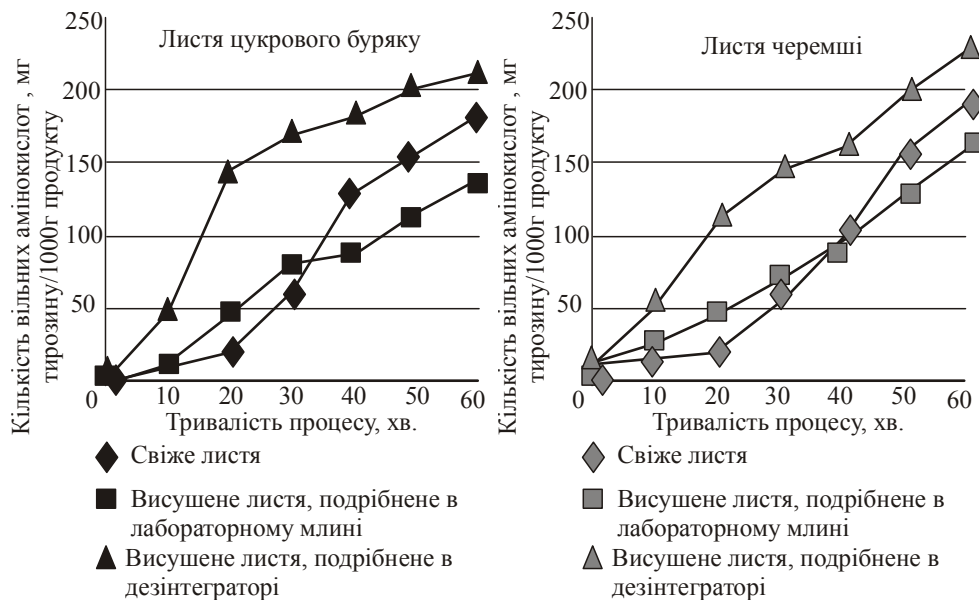


Рис. 2. Динаміка накопичення вільних амінокислот при пепсиновому гідролізі протеїну напівфабрикатів, подрібнених різним способом

Отримані результати показали, що протеїновмісні порошки з рослинної сировини, отримані шляхом подрібнення в дезінтеграторі, піддаються ферментативному гідролізу пепсином краще, ніж за умов звичайного подрібнення. Подрібнена за допомогою дезінтеграторного оброблення висушена

сировина має ступінь перетравлюваності вищий, ніж свіжа (на 16,5...20 %), та подрібнена традиційним способом (на 43...55 %). Очевидно, це пов'язано зі збільшенням кількості вільних амінокислот та, як наслідок, збільшенням швидкості ферментативного гідролізу. Це надає можливість висунути припущення про те, що в результаті проведеного дезінтеграторного оброблення змінюється перерозподіл білків за розчинністю по фракціях, а саме: збільшується частка легкозасвоюваних білків — альбумінів і глобулінів. З метою перевірки даного припущення проведено порівняльний кількісний аналіз [4] концентрації водо- та солерозчинних білкових фракцій у порошках з рослинної сировини, отриманих за допомогою звичайного подрібнення й шляхом оброблення в дезінтеграторі (табл. 2).

Таблиця 2. Масова частка альбуміну у подрібненій рослинній сировині, % від загального вмісту білка

Продукт	Механоактиваційний спосіб подрібнення
	Альбуміни
Листя цукрового буряку	42,2
Листя столового буряку	33,8
Листя моркви	17,4
Листя кропиви	25,7
Лист та стебло портулаку	17,5
Листя черемші	22,8

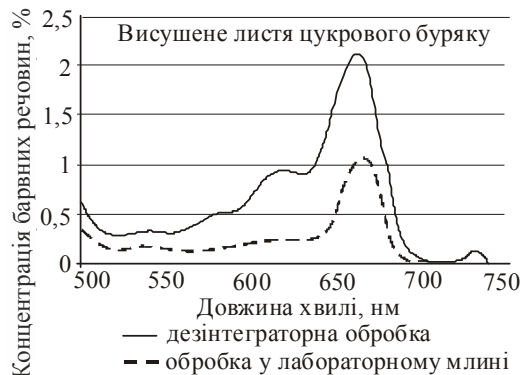
Аналіз табл. 2 дає змогу стверджувати, що збільшення ступеня перетравлюваності білкових речовин рослинної сировини при застосуванні механоактивування відбувається за рахунок збільшення частки легкозасвоюваних білків у результаті їх вивільнення при додатковому руйнуванні клітинних оболонок висушеної рослинної сировини.

Спектроскопічними дослідженнями спектрів поглинання хлорофільно-каротиноїдного комплексу підтверджено, що подрібнення у дезінтеграторі висушеного за допомогою низьких температур рослинного матеріалу до розміру часток менше 100 мкм сприяє кращому вилученню барвних речовин порівняно зі звичайним подрібненням.

Порошки з висушеної рослинної сировини, подрібненої в звичайних умовах та за допомогою дезінтегратора, використовували для отримання спиртових екстрактів.

Для цього 1 г наважки рослинної сировини заливали етиловим спиртом з концентрацією 96 % у співвідношенні 1:20, настоювали протягом 20 хв при періодичному перемішуванні, фільтрували через паперовий фільтр і піддавали спектроскопічному аналізу на спектрофотометрі «UNICO». Спектральні криві всіх зразків екстрактів із висушеної рослинної сировини свідчать про те, що дезінтеграторне оброблення висушеної рослинної сировини сприяє додатковому вилученню із продукту низькомолекулярних БАР — барвних речовин (каротиноїдів і хлорофілів), фенольних сполук, що підтверджується збільшенням їх концентрації у водно-спиртових екстрактах і проілюстровано на рис. 3 на прикладі спектральних характеристик екстрактів цукрового буряку. Вочевидь, збільшення концентрації низькомолекулярних БАР пов'я-

зано з істотною деструкцією рослинної тканини, руйнуванням клітин і виходом з них складових цитоплазми, а також збільшенням активної поверхні продукту, що призводить до більш повного вилучення БАР. Для порівняльної характеристики впливу дезінтеграторного оброблення (ДО) на вміст низькомолекулярних БАР у порошкоподібних продуктах з листової рослинної сировини було проведено їх кількісний хімічний аналіз із визначення загального вмісту фенольних сполук (ФС) у перерахунку на галову кислоту, суми каротиноїдів і хлорофілу (*a* і *b*) з використанням стандартних методик [5]. Результати аналізу порівнювали із вмістом вищезазначених сполук у порошках, отриманих традиційним подрібненням (ТП) у лабораторному млині. Отримані дані представлені в табл. 3.



**Рис. 3.** Вплив способу механічного оброблення висушеного листя цукрового буряку на концентрацію барвних речовин у спиртовому екстракті

**Таблиця 3.** Вміст основних біологічно активних речовин у порошкоподібних продуктах залежно від способу подрібнення

Продукт	Вміст ФС, %		Вміст β-каротину, мг/100г СР		Вміст хлорофілу, %	
	ТП	ДО	ТП	ДО	ТП	ДО
Цукровий буряк	0,92±0,11	1,27±0,05	8,1±0,03	10,9±0,02	1,01±0,12	1,54±0,22
Столовий буряк	1,12±0,03	1,51±0,07	7,9±0,10	10,7±0,04	1,06±0,05	1,61±0,15
Кропива	0,71±0,09	1,07±0,15	7,5±0,01	9,6±0,10	2,04±0,04	2,96±0,08
Портулак	1,33±0,10	1,86±0,02	5,3±0,08	6,6±0,08	0,73±0,10	1,04±0,19
Морква	1,15±0,12	1,67±0,05	11,6±0,02	15,8±0,09	2,52±0,07	3,65±0,04
Черемша	1,19±0,04	1,80±0,04	9,3±0,01	12,4±0,07	1,79±0,02	2,70±0,09

Встановлено, що під час дезінтеграторного оброблення матеріалів з рослинної сировини вилучається більше низькомолекулярних БАР порівняно з традиційним подрібненням за допомогою лабораторного млина, а саме: вміст фенольних сполук збільшився на 38...51 %, масова частка хлорофілу — на 43...52 %, каротиноїдів — на 26...37 %. Подальші дослідження буде спрямовано на вивчення впливу дезінтеграторного оброблення протеїно-вмісних напівфабрикатів на вміст у них аскорбінової кислоти, відпрацювання оптимальних режимів проведення процесу подрібнення та оцінку якості отриманих порошкоподібних продуктів у процесі їх зберігання.

### Висновки

Оброблення рослинної сировини в дезінтеграторі надає можливість отримати високодисперсні порошки, що є основною умовою їх максимального

засвоєння організмом людини. Таке подрібнення сприяє активуванню отриманих помелів, про що свідчить підвищення перетравлюваності білків. Збільшення кількості вільних амінокислот за рахунок переходу їх із зв'язаної форми підвищує біологічну повноцінність продуктів. Встановлено, що під час дезінтеграторного подрібнення висушеної листової сировини відбувається не лише збереження, а й істотне збільшення ресстрованої концентрації низькомолекулярних БАР у результаті більш повного вилучення їх із сировини.

### Література

1. Сімахіна Г.О. Теоретичні та практичні аспекти механохімії та механоактивування в процесах подрібнення / Г.О. Сімахіна // Харчова промисловість. — 2011. — № 10—11. — С. 24—31.

2. Дубенский А.М., Потемкина С.П. Физическая модель тонкого измельчения в аппаратах планетарного типа // Материалы научной школы СНГ «Вибротехнология-95» по измельчению и активации. — Одесса: НПО «ВОТУМ», — 1995. — Часть 2. — С. 3—7.

3. Покровский А.А., Ертанов И.Д. Атакуемость белков пищевых продуктов протеолитическими ферментами in vitro // Вопросы питания. — 1965. — № 3. — С. 38—44.

4. Починков Х.М. Методы биохимического анализа растений. — К.: Наукова думка, 1976. — 334 с.

5. Методы биохимических исследований растений / А.И. Ермаков, В.В. Арасмелович, Н.П. Ярош и др.; Под ред. А.И. Ермакова. — 3-е изд., перераб. и доп. — М.: Агропромиздат, 1987. — 430 с.

## ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ МЕХАНОАКТИВАЦИИ НА ПОВЫШЕНИЕ БИОДОСТУПНОСТИ КОМПОНЕНТОВ ПРОТЕИНСОДЕРЖАЩИХ ПОЛУФАБРИКАТОВ

Л.Н. Солодко, Г.А. Симахина

*Национальный университет пищевых технологий*

*В статье представлены результаты экспериментальных исследований влияния способа измельчения высушенных белоксодержащих полуфабрикатов из надземной части растений на степень биодоступности их компонентов. Выявлено, что обработка растительных материалов в дезинтеграторе, сопровождающаяся эффектами механоактивации, дает возможность повысить биологическую ценность продукта, максимально перевести биологически активные вещества (БАВ) в свободную форму, а значит, повысить их биодоступность и, соответственно, усилить оздоровительные эффекты.*

**Ключевые слова:** сахарная свекла, черемша, диспергирование, механоактивация, перевариваемость, усвояемость, гранулометрический состав.

УДК 637.33

## STUDY OF LIPOLYSIS IN BLUE VEINED BRIE

U. Orlyuk, M. Stepanishev

*Institute of Food Resource NAAS of Ukraine*

---

**Key words:**

*Blue cheese*

*Lipolysis*

*Free fatty acids*

*Volatile fatty acids*

*Fatty acid composition*

---

**Article history:**

Received 22.10.2014

Received in revised form

03.11.2014

Accepted 18.11.2014

---

**Corresponding author:**

U. Orlyuk

**E-mail:**

npnuht@ukr.net

---

**ABSTRACT**

Lipolysis intensity indicators of Blue Veined Brie were compared to corresponding indicators of Roquefort and Camembert cheeses. The quantity of free fatty acids in cheese was determined using colorimetric method; the qualitative composition was investigated by gas-liquid chromatography and volatile fatty acids, by the method of distillation.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ЛІПОЛІЗУ В СИРІ, ЩО ВИЗРІВАЄ ЗА УЧАСТІ ДВОХ ВИДІВ ПЛІСНЯВИ

Ю.Т. Орлюк, М.І. Степанищев

*Інститут продовольчих ресурсів НААН України*

*Для оцінки інтенсивності ліполізу в сирі, що визріває за участі двох видів плісняви, показники, які характеризують ліполіз, порівняно з відповідними показниками сирів Рокфор і Камембер. Кількість вільних жирних кислот у сирі визначали колориметричним методом, їх якісний склад досліджували методом газорідинної хроматографії, леткі жирні кислоти — методом дистиляції.*

**Ключові слова:** *сир з пліснявою, ліполіз, вільні жирні кислоти, леткі жирні кислоти, жирнокислотний склад.*

В останні роки в Україні спостерігається збільшення споживання сирів, що визрівають за участі плісняви. Українські підприємства випускають малий асортимент таких сирів і не можуть задовольнити зростаючий попит. Сири з пліснявою мають високу рентабельність виробництва порівняно з твердими сирами, враховуючи також менші витрати сировини на виготовлення одиниці готового продукту [1]. М'які сири займають 40 % європейського ринку сирів, в тому числі сири з пліснявою [2]. У світі завдяки високій біологічній цінності частка таких сирів у загальному об'ємі виробництва збільшується з кожним роком. За оцінками експертів, сири з білою поверхневою пліснявою складають приблизно 7—8 % об'єму виробництва сирів в Європі та 2—3 % від світового виробництва [3].

Смакові показники сирів, як правило, формуються під дією ліпідів, які є джерелом вільних жирних кислот (ВЖК):

- короткі ВЖК мають сильний характерний смак;
- поліненасичені ВЖК піддаються окисленню, що призводить до дефекту аромату, який називається «окислювальною прогріклістю».

Ліпіди також є розчинниками для смакових і ароматичних сполук, що утворюються з білків і лактози.

**Метою статті** є дослідження ліполізу в сирі, що визріває за участі двох видів плісняви.

**Об'єкти і методи дослідження.** Сири, виготовлені з нормалізованого молока (м.ч.ж. 3,2 %), пастеризованого за температури  $(72\pm 2)^\circ\text{C}$  з витримкою (15—20) секунд. Молоко охолоджували до температури зсідання  $(32\pm 1)^\circ\text{C}$ , додавали хлорид кальцію та молокозсідальний фермент. Згусток, що утворився, розрізали на кубики зі сторонами (1—3) см, тривалість обробки сирного зерна складала 40 хвилин. Готове сирне зерно направляли у форми діаметром 10 см та висотою 20 см для формування. Соління сиру здійснювали в розсолі з концентрацією солі (18—20) % за температури  $(10\text{—}12)^\circ\text{C}$  упродовж  $(90\pm 10)$  хв для сиру Камамбер,  $(180\pm 10)$  хв для сиру Рокфор,  $(130\pm 10)$  хв. для досліджуваного сиру з двома видами плісняви. Після соління сирні головки просушували упродовж 20 хв., проколювали отвори діаметром 3 мм і направляли в камери визрівання з температурою  $(8\text{—}14)^\circ\text{C}$  та відносною вологістю повітря  $(94\text{—}96)\%$  на 60 діб. Плісняву *Penicillium roqueforti* (препарат фірми Danisco) вносили в сирну масу під час формування. Плісняву *Penicillium camemberti* (препарат фірми Danisco) наносили на поверхню сирної головки розпилюванням.

Рівень ліполізу в сирі під час визрівання оцінювався за вмістом ВЖК. Кількість ВЖК у сирі визначали колориметричним методом, який базується на взаємодії ВЖК з мідь-триетаноловим реактивом з утворенням мідних солей ВЖК. Визначення якісного та кількісного складу ВЖК здійснювали методом газорідинної хроматографії [4]. Леткі жирні кислоти (ЛЖК) визначали методом дистиляції: до 5 г наважки сиру додавали 30 мл сірчаної кислоти, дистилювали, а потім відтитровували 0,1 н розчином гідроксиду натрію.

**Результати і обговорення.** Характерною ознакою сирів з пліснявою є наявність мікрофлори плісняви, що характеризується високою ліполітичною активністю. Пліснява надає цим сирам специфічного смаку й аромату, а також характерного зовнішнього вигляду. Керуючи параметрами технологічного процесу виробництва сиру, режимами його визрівання і складом мікрофлори, можна моделювати органолептичні показники сиру.

Ліполіз у сирах з пліснявою, як і протеоліз, є більш інтенсивним порівняно з іншими видами сирів [5, 6]. Вміст ВЖК у сирі достатньо точно характеризує рівень ліполізу жиру. Ліполіз — єдине джерело ВЖК, вуглеводне число яких більше або дорівнює шести. Інші ВЖК можуть утворюватись також і в процесі розщеплення амінокислот, лактози та молочної кислоти [7, 8, 9, 10]. У сирах із блакитною пліснявою частка ліполізу в процесі утворення ВЖК висока і становить більше 95 % [11].

Для повнішої характеристики інтенсивності ліполізу в сирі, що визріває за участі двох видів плісняви, його основні показники було порівняно з відповідними показниками сирів Рокфор (контроль 1) і Камамбер (контроль 2). Вибір

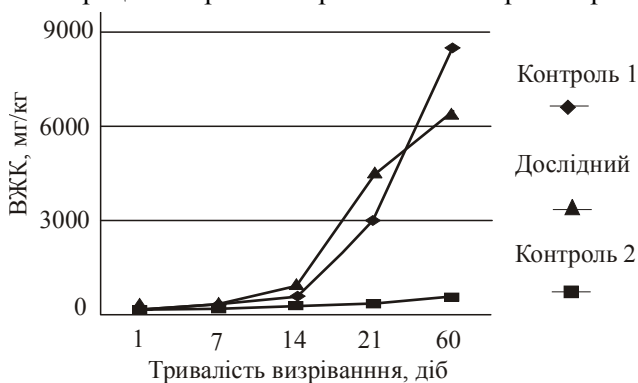


сирів для контролю пов'язаний зі схожістю процесу їх визрівання та приналежністю цих сирів до групи сирів з пліснявою. Дослідний і контрольні сири виробляли в аналогічних умовах. Відмінності в технології виробництва цих сирів наведено в табл. 1.

*Таблиця. Технологічні особливості виробництва сирів з пліснявою*

Назва сиру	Масова частка солі в сирній масі, %	Масова частка вологи в сирній масі, %	Вид плісняви, що вноситься	Маса головки сиру, кг	Температура визрівання, °С
Контроль 1	3	50	<i>P. roqueforti</i>	1,5	8
Дослідний сир (з двома видами плісняви)	2	50	<i>P. roqueforti</i> , <i>P. camemberti</i>	1,0	10
Контроль 2	1	60	<i>P. camemberti</i>	0,5	14

Графоаналітичне опрацювання результатів досліджень дозволило отримати графічну залежність зміни рівня ліполізу в досліджуваних зразках сирів під час визрівання (рис. 1). Рівень ліполізу в сирах характеризується вмістом ВЖК в мг на кг сиру. У контрольному зразку сиру № 2 показник ліполізу на 21 добу визрівання складав 400 мг/кг. Це пояснюється низькою ліполітичною активністю ферментів плісняви *P. camemberti* порівняно з ферментами плісняви *P. roqueforti*. Показник ліполізу в дослідному зразку сиру на 21 добу визрівання складав 4500 мг/кг, що у півтора раза вище, ніж у контрольному зразку сиру № 1 — 3000 мг/кг. Це пояснюється інтенсивнішим перебігом процесу ліполізу в дослідному зразку сиру, причиною якого є вища температура визрівання, менша масова частка солі та нижчий рівень активної кислотності в сирі, а лужне середовище є більш прийнятним для дії ліпаз плісняви. На 60 добу визрівання рівень ліполізу у контрольному зразку сиру № 1 складав 8500 мг/кг, що є вищим за рівень ліполізу в дослідному зразку сиру, який складав 6500 мг/кг. Це пояснюється пригніченням розвитку плісняви *P. roqueforti* в дослідному зразку сиру внаслідок закриття в процесі визрівання проколів на поверхні сирної головки.



**Рис. 1. Зміна рівня ліполізу в досліджуваних сирах під час визрівання**

При дослідженні органолептичних показників сиру важливу роль відіграє жирнокислотний склад сиру. Графоаналітичним опрацюванням результатів досліджень отримано жирнокислотний склад досліджуваних сирів на 21 день визрівання (рис. 2). Контрольний зразок сиру № 1 та дослідний зразок сиру відзна-

чаються значним вмістом пальмітинової, стеаринової, олеїнової, лінолевої та ліноленової жирних кислот. Останні три кислоти є незамінними, їх вміст перевищує 30 % від загальної кількості ВЖК у контрольному зразку сиру № 1 та дослідному зразку сиру. Жирнокислотний склад контрольного зразка сиру № 2 відзначається значним вмістом олеїнової та пальмітинової жирних кислот.

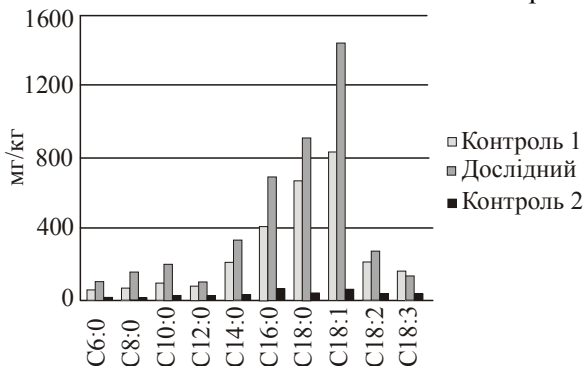


Рис. 2. Жирнокислотний склад досліджуваних сирів на 21 добу визрівання

Графоаналітичним опрацюванням результатів досліджень отримано вміст ЛЖК (мурашиної, оцтової, пропіонової, масляної) у досліджуваних сирах на 21 добу визрівання (рис. 3).

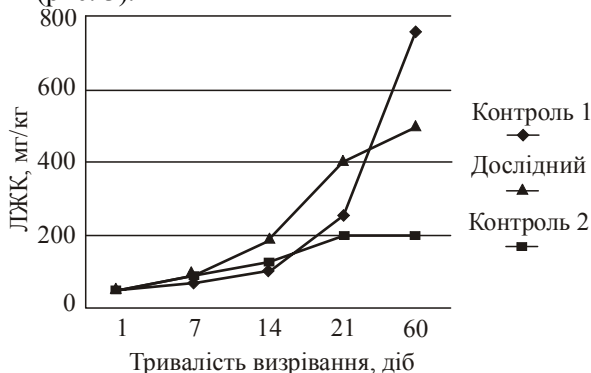


Рис. 3. Зміна вмісту легких жирних кислот у досліджуваних сирах під час визрівання

Збільшення вмісту ЛЖК в дослідному зразку сиру відбувалося рівномірно протягом усього терміну визрівання, у контрольному зразку сиру № 1 інтенсивне зростання вмісту ЛЖК спостерігалось між 14 добою та 60 добою визрівання, у контрольному зразку сиру № 2 інтенсивне збільшення вмісту ЛЖК спостерігалось між 1 добою та 21 добою визрівання. На 21 добу визрівання вміст ЛЖК у контрольному зразку сиру № 1, у контрольному зразку сиру № 2 та дослідному зразку сиру порівняно з першою добою збільшився в 6,1; 4,2 та 8,6 рази відповідно. Це вказує на швидке накопичення ЛЖК у дослідному сирі порівняно з контрольними сирами, що пояснюється одночасною дією двох видів плісняви: *P. camemberti* та *P. roqueforti*. З 21 доби до 60 доби визрівання вміст ЛЖК у контрольному сирі № 1 збільшується в три рази (з 243 мг/кг до 765 мг/кг), у контрольному сирі № 2 майже не збільшується (178 мг/кг та 202 мг/кг відповідно), тоді як у дослідному сирі лише в 1,3 рази (з 384 мг/кг до 507 мг/кг).

## Висновки

Результати проведених досліджень сиру, що визріває за участі двох видів плісняви, дають змогу стверджувати, що внесення плісняви *P. camemberti* підвищує інтенсивність ліполізу в сирі.

## Література

1. Шергина И.А. Мягкие сыры — расширение ассортимента, проблемы рентабельности производства / И.А.Шергина // Сыроделие и маслоделие. — 2006. — № 5. — С. 14—17.
2. Шергина И.А. Классификация и особенности производства мягких сыров / И.А. Шергина // Сыроделие и маслоделие. — 2008. — № 4. — С. 8—9.
3. Gripon J.C. Cheese — mould-ripened cheeses / J.C. Gripon // In: Roginski, H.; Fuquay, J. and Fox, P. eds. Encyclopedia of Dairy Sciences. Vol. 1. Academic Press. New-York, 2002. — P. 401—406.
4. Рачев Р. Метод за определяне на летливите мастни киселики във ферментирани млечни продукти и сирена посредством газовотечностна хроматография / Р. Рачев // Хранителна промишленост. — 1975. — № 8—9. — С. 24—27.
5. Woo A.H. Concentration of major free fatty acid and flavor development in Italian cheese varieties / A.H. Woo, R.C. Lindsay // J. Dairy Sci. — 1984. — Vol. 67. — P. 960—968.
6. Woo A.H. Quantification of major free fatty acids in several cheese varieties / A. Woo, S. Kolloge, R.C. Lindsay // J. Dairy Sci. — 1984. — Vol. 67. — P. 874—878.
7. Гудков А.В. Сыроделие: технологические, биологические и физико-химические аспекты / Под редакцией С.А. Гудкова, испр. и доп. — М.: ДеЛи принт. — 2004. — 804 с.
8. Климовский И.И. Биохимические и микробиологические основы производства сыра / И.И. Климовский. — М.: Пищевая пром-ть, 1966. — 128 с.
9. Хауэлс Дж. Голубой сыр / Джон Хауэлс // Переработка молока. — 2001. — № 4. — С. 14—15.
10. Kuzdzal-Savoie S. Contribution à l'étude de la lipolyse dans les fromages / S. Kuzdzal-Savoie, W. Kuzdzal // Tech. Lait. — 1966. — Vol. 14 (hors serie). — P. 17—20.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЛИПОЛИЗА В СЫРЕ, ВЫЗРЕВАЮЩЕГО С УЧАСТИЕМ ДВУХ ВИДОВ ПЛЕСЕНИ

Ю.Т. Орлюк, М.И. Степанищев

*Институт продовольственных ресурсов НААН Украины*

*Для оценки интенсивности липолиза в сыре, вызревающего при участии двух видов плесени, показатели, что характеризуют липолиз, сравнивались с соответствующими показателями сыров Рокфор и Камамбер. Количество свободных жирных кислот в сыре было определено колориметрическим методом, их качественный состав был исследован при помощи газожидкостной хроматографии, летучие жирные кислоты — методом дистилляции.*

**Ключевые слова:** сыр с плесенью, липолиз, свободные жирные кислоты, летучие жирные кислоты, жирнокислотный состав.

## INFLUENCE OF DIFFERENT STRAINS OF YEASTS ON THE PROCESS OF BEER WORT FERMENTATION AND QUALITY OF PREPARED BEER

V. Koshova, L. Reshetnyak, A. Kuts  
*National University of Food Technologies*

---

**Key words:**

*Yeast*  
*Malt*  
*Fermentation*  
*Wheat bear*  
*Physico-chemical properties*  
*Organoleptic properties*

**Article history:**

Received 30.09.2014  
Received in revised form  
12.10.2014  
Accepted 25.10.2014

**Corresponding author:**

A. Kuts  
**Email:**  
anatolykuts@ukr.net

---

**ABSTRACT**

The article presents the research results of fermentation processes occurring at three different strains of yeast (German, Danish and dry yeasts of German strain *Saf lager W 34/70*) of 11 % beer wort prepared from a mixture of light wheat and barley malts. It has been found that beer prepared using Danish and German strains of yeasts demonstrated better physico-chemical and organoleptic properties. Based on the research results, it is not recommended to use *Saf lager W 34/70* yeasts strain in a dry form as it is currently done by most mini-breweries. In order to increase the efficiency of dry yeasts, they should first be activated.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ РІЗНИХ РАС ДРІЖДЖІВ НА ЗБРОДЖУВАННЯ ПИВНОГО СУСЛА І ЯКІСТЬ ГОТОВОГО ПИВА

В.М. Кошова, Л.Р. Решетняк, А.М. Куц  
*Національний університет харчових технологій*

*У статті досліджено вплив трьох рас пивоварних дріжджів: Німецької, Данської та сухих дріжджів німецької раси Saf lager W 34/70 на зброджування 11-відсоткового пивного сусла, виготовленого із суміші пшеничного і ячмінного солодів в умовах мініпивоварні. Встановлено, що більш якісне пиво отримується із застосуванням Данської та Німецької рас дріжджів. Сухі дріжджі Saf lager W 34/70 не бажано використовувати в сухому вигляді, як це прийнято на більшості мініпивоварень. Якщо не має змоги відмовитись від сухих дріжджів, для підвищення ефективності використання їх попередньо потрібно активізувати.*

**Ключові слова:** дріжджі, солод, бродіння, пшеничне пиво, фізико-хімічні показники, органолептичні показники.

Пиво є продуктом біохімічної діяльності дріжджів. Численні реакції, що перебігають у дріжджових клітинах під час бродіння і доброджування, каталізуються великою кількістю ферментів. Оскільки активність ферментів обумовлена генетичним апаратом дріжджової клітини, то очевидним є вплив дріжджів на перебіг процесів бродіння, доброджування й утворення ними різнобічних продуктів. Основними вимогами до пивних рас дріжджів є висока швидкість зброджування цукрів сусла, утворення пластівців, освітлення пива під час бродіння та надання йому чистого смаку і характерного приємного аромату.

Леткі і нелеткі побічні продукти бродіння утворюються як при розмноженні дріжджів, так і під час перетворення вуглеводів в етиловий спирт, тобто синтез таких речовин обумовлений життєдіяльністю дріжджів. Якісний та кількісний склад утворених вторинних і побічних продуктів бродіння багато в чому залежить не тільки від хімічного складу зброджуваного сусла та умов бродіння, а й від раси дріжджів, що застосовуються [3, 4].

Нині на більшості мініпивоварень для зброджування пивного сусла використовують препарати активних сухих дріжджів [1, 4, 7]. Їх застосування не потребує додаткового обладнання для розмноження чистої культури дріжджів, а отримане пиво за основними органолептичними та фізико-хімічними показниками відповідає встановленим нормативним вимогам. Але суттєвим недоліком сухих дріжджів є понижена фізіологічна та ферментативна активність.

**Мета статті.** Порівняти різні раси пивних дріжджів для зброджування пивного сусла в умовах мініпивоварень.

**Об'єкти досліджень.** Три найбільш поширені раси пивоварних дріжджів: Німецька, Датська та сухі дріжджі німецької раси Saf lager W 34/70.

**Методи дослідження.** Зброджування 11-відсоткового пивного сусла, приготовленого із суміші світлих пшеничного і ячмінного солодів, в умовах мініпивоварні «Пиваріум» проводили при температурі 8...9 °С. Кількість засівних дріжджів — 20 млн клітин/см<sup>3</sup> сусла. Головне бродіння тривало сім діб. Після кожної доби бродіння відбирали проби та визначали в них кількість клітин з глікогеном, мертвих, таких, що брунькуються, видимий екстракт і рН, а в молодому пиві після сьомої доби бродіння — вміст спирту, видимого і дійсного екстракту. За отриманими показниками розраховували видимий, дійсний і кінцевий ступінь зброджування сусла.

Після закінчення головного бродіння і виконання потрібних аналізів, молоде пиво декантували з густого осаду дріжджів та ставили на доброджування при температурі 1...2 °С протягом 28 діб.

Фізіологічний стан дріжджів (загальну кількість клітин, таких, що брунькуються, з глікогеном) оцінювали прямим мікроскопуванням. Мертві клітини визначали методом забарвлення дріжджової суспензії метиленовою синню за Фінком, клітини з глікогеном — розчином Люголю [2]. Показники якості сусла і пива під час зброджування та доброджування визначали за загальноприйнятими у галузі методиками [6].

**Результати і обговорення.** Важливим критерієм оцінки бродильних властивостей дріжджів є зменшення вмісту екстрактивних речовин під час головного бродіння, яке має проходити повільно і постійно. На рис. 1

показано динаміку зменшення вмісту екстрактивних речовин у досліджуваному пивному суслі протягом головного бродіння, яка свідчить про перевагу рідких дріжджів над сухими.

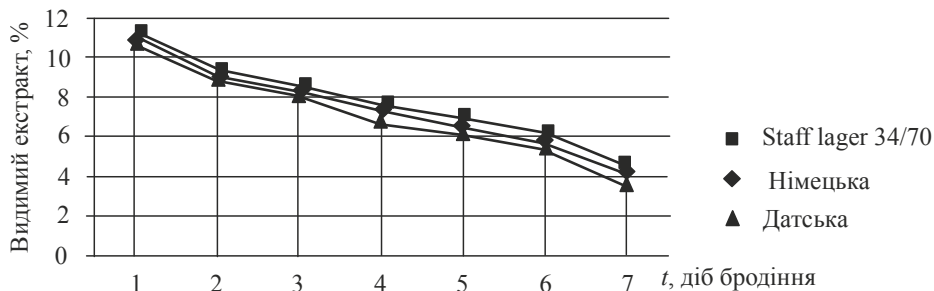


Рис. 1. Динаміка вмісту видимого екстракту в процесі головного бродіння

Активна кислотність сусла значно впливає на якість пива. В готовому пиві намагаються отримати рН 4,2...4,4. Значення рН, нижче за 4,4, сприяє виділенню в осад колоїдно-нестабільних білково-дубильних речовин і покращує смак пива. Більш низькі значення рН (особливо нижче за 4,1) сприяють появі у пиві кислого смаку.

Під час бродіння значення рН повільно знижувалось — (від 5,0 у вихідному суслі до 4,57...4,64 у молодому пиві) і під кінець бродіння набувало стабільних значень (рис. 2).

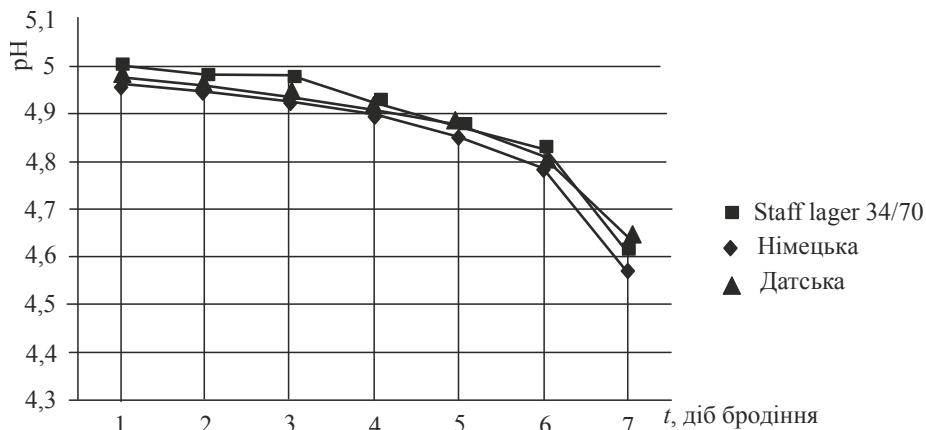


Рис. 2. Динаміка рН під час головного бродіння сусла

Підвищення рН вказує на початок автолізу дріжджів. Зниження величини рН має проходити помірно й одночасно по всьому об'єму сусла, що сприяє випаданню в осад хмелевих смол і білково-дубильних сполук, наявність яких у готовому пиві не бажана.

У разі автолізу дріжджів параметри якості пива знижуються. Зокрема, змінюється колір пива, з'являється дріжджовий різкуватий присмак, гіркота стає більш вираженою з появою залишкової, падає смакова стабільність через зниження відновлювальних процесів. рН пива підвищується за рахунок

виділення основних амінокислот, через відсутність процесів відновлення вміст діацетилу зростає, погіршується колоїдна і біологічна стійкість, у великій кількості з'являється інфікована мікрофлора, виникають проблеми з фільтруванням. Кількість дріжджових клітин у зваженому стані збільшувалась у процесі головного бродіння до 60...80 млн клітин/см<sup>3</sup>, під час доброджування поступово зменшувалась — до 15...20 млн клітин/см<sup>3</sup>, а при перекачування пива на фільтрування стає близько 2 млн клітин/см<sup>3</sup>. Максимальна кількість дріжджів, що брунькуються, спостерігалась на четверту добу бродіння і становила 59,22...60,17 % для Датської і Німецької рас дріжджів, тоді як для сухих дріжджів Saf lager 34/70 — лише 45,13 %.

Глікоген — головний резервний полісахарид дріжджів, завдяки якому дріжджова клітина зберігає свою життєздатність у несприятливих умовах. Кількість клітин з глікогеном поступово зростала до п'ятої доби бродіння (від 46,18...48,22 до 64,34...68,48 %) із зниженням наприкінці головного бродіння до 54,00...54,25 % для Датської і Німецької рас дріжджів, а для сухих дріжджів, відповідно, до 43,13; 55,11 і 45,12 %, тобто значно менше, ніж у рідких дріжджів. Стосовно кількості мертвих клітин, то їхня кількість у кінці бродіння в рідких дріжджах склала 1,52—1,91 % порівняно з 2,57 % у сухих. Ці дані підтверджують більш високу фізіологічну активність рідких дріжджів порівняно із сухими.

Бродильну активність дріжджів визначали за ступенем зброджування суслу. Як видно з даних, наведених у табл. 1, за цим показником досліджувані дріжджі розташовуються у такій послідовності: Датські, Німецькі, Saf lager 34/70.

*Таблиця 1. Фізико-хімічні показники молодого пива*

Раса дріжджів	Вміст, %			рН	Ступінь зброджування, %		
	видимого екстракту	дійсного екстракту	спирту		видима	дійсна	кінцева
Saf lager 34/70	4,50	5,20	2,94	4,62	59,10	47,87	52,72
Німецька	4,10	4,80	3,32	4,57	62,73	50,81	56,36
Датська	3,60	4,00	3,51	4,64	67,30	54,51	63,64

Після доброджування в готовому пиві визначали фізико-хімічні й органолептичні показники. Як видно з даних табл. 2, незалежно від раси застосованих дріжджів отримане пиво повністю відповідало вимогам чинного стандарту на світле пиво, але кращі фізико-хімічні показники спостерігалися у пива, отриманого з використанням Датської раси дріжджів.

*Таблиця 2. Фізико-хімічні показники пива*

Раса дріжджів	Вміст, %			рН	Ступінь зброджування, %		
	видимого екстракту	дійсного екстракту	спирту		видима	дійсна	кінцева
Saf lager 34/70	0,9	2,3	4,14	4,50	70,00	56,70	79,00
Німецька	0,7	1,9	4,25	4,48	71,82	58,17	82,72
Датська	0,5	1,6	4,73	4,32	80,00	64,80	85,45

Найбільш повну і комплексну оцінку якості пива як смакового продукту надають його органолептичні показники, що визначаються під час дегустації за

допомогою органів відчуття. Після визначення фізико-хімічних показників готового пива була проведена закрита дегустація для отримання об'єктивної й узагальненої оцінки прозорості, кольору, смаку, аромату, хмелевої гіркоти, насиченості діоксидом вуглецю, піноутворення та піностійкості пива (табл. 3, 4).

**Таблиця 3. Дегустаційна оцінка пива, одержаного із застосуванням різних рас дріжджів**

Раса дріжджів	Показник якості	Органолептична характеристика пива	Бал	Оцінка
Saf lager W 34/70	Прозорість	Прозоре без блиску, спостерігаються поодинокі зависі	1	Задовільно
Німецька		Прозоре з блиском	2	Добре
Датська		Прозоре з блиском, без зависів	3	Відмінно
Saf lager W 34/70	Колір	Відповідає типу пива, допустимий для даного сорту пива	2	Добре
Німецька		Відповідає типу пива на середньому рівні	2	Добре
Датська		Відповідає типу пива, знаходиться на мінімально встановленому рівні для даного типу пива	3	Відмінно
Saf lager W 34/70	Аромат	В ароматі помітні сторонні відтінки, дріжджовий, молодого пива	1	Незадовільно
Німецька		Відмінний аромат, що відповідає даному типу пива, чистий, свіжий	4	Відмінно
Датська		Добрий аромат, що відповідає типу пива, але недостатньо виражений	3	Добре
Saf lager W 34/70	Смак	Добрий, чистий смак, який відповідає даному типу пива	4	Добре
Німецька		Відмінний без сторонніх присмаків, гармонійний смак	5	Відмінно
Датська		Гармонійний смак, що відповідає даному типу пива	5	Відмінно
Saf lager W 34/70	Хмелева гіркота	Чисто хмелева, м'яка, врівноважена, що відповідає типу пива	5	Відмінно
Німецька		Чисто хмелева, м'яка, врівноважена, що відповідає типу пива	5	Відмінно
Датська		Чисто хмелева, м'яка, врівноважена, що відповідає типу пива	5	Відмінно
Saf lager W 34/70	Піна та насиченість діоксидом вуглецю	Некомпактна піна, стійкість менше 2 хв, малонасичене діоксидом вуглецю	3	Задовільно
Німецька		Компактна стійка піна, стійкість не менше 3 хв, швидко припиняється виділення бульбашок газу	4	Добре
Датська		Густа, стійка компактна піна стійкістю не менше 4 хв, значне й уповільнене виділення бульбашок газу	5	Відмінно



*Таблиця 4. Загальна оцінка якості пива, одержаного із застосуванням різних рас дріжджів*

Раса дріжджів	Оцінка	Загальний бал
Saf lager W 34/70	Задовільно	16
Німецька	Добре	22
Датська	Відмінно	24

Безумовною ознакою будь-якого пива є передбачені його рецептурою та технологією характерні специфічні особливості. Насамперед визначались саме вони, а потім наявність чи відсутність сторонніх присмаків або відтінків аромату.

Дуже важливою характеристикою пива є збалансованість усіх різноманітних відчуттів смаку й аромату, їх гармонійне поєднання і відсутність виділення певного компонента.

Отже, після проведення органолептичної оцінки пива, можна зробити висновок, що найкращі смакові властивості були у пива, виготовленого з використанням Датської раси дріжджів. Усього на два бали менше отримало пиво, виготовлене із застосуванням Німецької раси дріжджів. Найменшу кількість балів набрало пиво, виготовлене із застосуванням сухих дріжджів Saf lager W 34/70. При цьому напій не мав яскраво вираженого характерного аромату, а смакові властивості були нестабільні.

### **Висновки**

Більш якісне пиво отримується із застосуванням чистих культур або насінневих дріжджів Датської та Німецької рас дріжджів. Сухі дріжджі Saf lager W 34/70 не бажано використовувати в сухому вигляді, як це прийнято на більшості мініпивоварень. Окрім зниженої фізіологічної активності, вони можуть зашкодити здоров'ю обслуговуючого персоналу, що вимагає використання засобів особистого захисту. Якщо не має змоги відмовитись від сухих дріжджів, то для підвищення ефективності використання таких дріжджів їх попередньо потрібно активізувати.

### **Література**

1. *Активация сухих пивных дрожжей с помощью комплексной дрожжевой подкормки* / Л.В. Пермякова, В.А. Помозова, Д.С. Апенцова, Р.В. Русских // Пиво и напитки. — 2012. — № 4. — С. 18—21.
2. *Давыденко С.Г.* Применение методов окраски дрожжей для оценки их физиологического состояния / С.Г. Давыденко // Пиво и напитки. — 2007. — № 2. — С. 31—32.
3. *Ермолаева Г.А.* Брожение пивного суслу / Г.А. Ермолаева // Пиво и напитки. — 2009. — № 7. — С. 25—27.
4. *Кунце В.* Технология солода и пива / В. Кунце. — СПб.: Профессия, 2009. — 1100 с.
5. *Меледина Т.В.* Сырье и вспомогательные материалы в пивоварение / Т.В. Меледина. — СПб.: Профессия, 2003. — 304 с.
6. *Мелетьев А.С.* Технохімічний контроль солоду, пива та безалкогольних напоїв: підручник / А.С. Мелетьев, С.Р. Тодосійчук, В.М. Кошова. — Вінниця: Нова книга, 2008. — 300 с.

7. Підвищення бродильної активності / В. Рідкоус, А. Куц, В. Домарецький, К. Гетманюк, І. Оніщенко, Л. Давиденко // Харчова і переробна промисловість. — 2010. — № 1 (365). — С. 21—22.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РАЗЛИЧНЫХ РАС ДРОЖЖЕЙ НА СБРАЖИВАНИЕ ПИВНОГО СУСЛА И КАЧЕСТВО ГОТОВОГО ПИВА**

**В.Н. Кошечая, Л.Р. Решетняк, А.М. Куц**

*Национальный университет пищевых технологий*

*В статье исследовано влияние трех рас пивоваренных дрожжей: Немецкой, Датской и сухих дрожжей немецкой расы Saf lager W 34/70 на сбраживание 11-процентного пивного сусла, состоящего из смеси пшеничного и ячменного солодов в условиях минипивоварни. Установлено, что более качественное пиво получается при применении Датской и Немецкой рас дрожжей. Сухие дрожжи Saf lager W 34/70 не рекомендуется использовать в сухом виде, как это принято на большинстве минипивоварень. Если невозможно отказаться от сухих дрожжей, для повышения эффективности использования их предварительно нужно активировать.*

**Ключевые слова:** дрожжи, солод, брожение, пшеничное пиво, физико-химические показатели, органолептические показатели.

УДК 543.421

## **DETERMINING THE ADSORPTION CAPACITY OF IMMOBILIZED MOLYBDO-PHOSPHORIC HETEROPOLY ACID BY MEANS OF FLAME ATOMIC ABSORPTION SPECTROSCOPY**

**V. Ischenko**

*National University of Food Technologies*

**M. Ischenko**

*Taras Shevchenko National University of Kyiv*

---

**Key words:**

*Heteropoly acid*

*Atomic absorption spectrometry*

*Measurement uncertainty*

**Article history:**

Received 30.10.2014

Received in revised form  
12.11.2014

Accepted 25.11.2014

**Corresponding author:**

V. Ischenko

**Email:**

[nickishchenko@ukr.net](mailto:nickishchenko@ukr.net)

---

**ABSTRACT**

Adsorbents based on heteropoly acids immobilized onto silica gel have wide application in catalysis and in the field of analytical chemistry. In this work, the analytical method for determining the adsorption capacity of adsorbent for immobilized molybdo-phosphoric heteropoly acid by means of flame atomic absorption spectroscopy was proposed. Measurement uncertainty of obtained analytical results was estimated. It was found, that maximum contribution to overall measurement uncertainty was introduced by the precision of analytical signal registration.

## **ВИЗНАЧЕННЯ ЄМНОСТІ СОРБЕНТУ ЗА ІММОБІЛІЗОВАНОЮ ФОСФОРМОЛІБДЕНОВОЮ ГЕТЕРОПОЛІКИСЛОТОЮ МЕТОДОМ ПОЛУМЕНЕВОЇ АТОМНО-АБСОРБЦІЙНОЇ СПЕТРОСКОПІЇ**

**В.М. Іщенко**

*Київський національний університет імені Тараса Шевченка*

**М.В. Іщенко**

*Національний університет харчових технологій*

*У статті запропоновано спосіб визначення ємності сорбенту за фосформолібденовою гетерополікислотою методом полуменевої атомно-абсорбційної спектроскопії та проведено оцінку невизначеності вимірювань. Встановлено, що найбільший вклад у сумарну невизначеність робить прецизійність, пов'язана з вимірюванням аналітичного сигналу.*

**Ключові слова:** *гетерополікислота, атомно-абсорбційна спектроскопія, невизначеність вимірювань.*

**Постановка проблеми.** Імобілізовані на поверхні неорганічних матеріалів гетерополікислоти (ГПК), зокрема ті, що містять Молібден, знайшли своє використання у багатьох галузях хімічної науки. Такі метаріали відомі як ефективні гетерогенні каталізатори в реакціях естерифікації насичених кислот [1, 2], окиснення етану до оцтової кислоти [3] та як фотокаталізатори розкладу органічних сполук, зокрема органічних токсикантів [4]. В аналітичній хімії іммобілізовані на неорганічних сорбентах гетерополікислоти знайшли застосування як твердофазні реагенти для визначення Фосфору [5] й Арсену [6], а також для попереднього сорбційного концентрування ряду елементів [7].

Оскільки ГПК добре розчинні у полярних розчинниках, для уникнення їх десорбції з поверхні носія іммобілізацію здійснюють шляхом ковалентного закріплення, імпрегнування та нековалентного закріплення на сорбентах з іммобілізованими четвертинним амонійними солями. В останніх двох випадках закріплення ГПК проводять з розчинів, які містять надлишок модифікатора [8], що ускладнює характеристику отриманих твердофазних реагентів, зокрема визначення ємності за модифікатором.

Одним з кращих методів визначення елементів у твердих матрицях є рентген-флуоресцентна спектроскопія, проте для її успішного застосування необхідна наявність стандартних зразків, ідентичних досліджуванам [9]. Метод полуменевої атомно-абсорбційної спектроскопії є кращим для визначення мікрокількостей молібдену, проте він непридатний для прямого аналізу твердих зразків [10], тому в більшості випадків тверді матриці переводять в розчинну форму або десорбують аналіт з подальшим інструментальним аналізом.

**Метою дослідження** є визначення молібдену методом полуменевої атомно-абсорбційної спектроскопії після його десорбції з поверхні кремнезему, модифікованого фосформолібденовою гетерополікислотою, й оцінка невизначеності вимірювань.

**Результати і обговорення.** Нітратну кислоту, калій гідроксид кваліфікації «х.ч.» використовували без додаткової очистки. Дистильовану воду додатково очищали перегонкою у кварцовому посуді. Розчин Молібдену (VI) для калібрування атомно-абсорбційного спектрометра готували розбавленням стандартного зразка Молібдену МСО 0016:1998 (Фізико-хімічний інститут ім. О.В. Богатського НАН України) згідно з інструкціями виробника.

У процесі дослідження використовували атомно-абсорбційний спектрометр ААС1N (Carl-Zeiss Jena, Німеччина), обладнаний пальником для полум'я ацетилен-повітря та лампою з порожнистим катодом на Молібден. Реєстрація атомного поглинання здійснювалась при довжині хвилі резонансної лінії 313,3 нм (струм лампи 5 мА, спектральна щільність 0,2 нм) у полум'ї ацетилен-повітря з відновною стехіометрією.

Пробопідготовку проводили таким чином: наважку кремнезему 0,0400 г з іммобілізованою ГПК переносили у мікропробірку на 2,0 мл, додавали 2,00 мл розчину NaOH з концентрацією 0,150 моль/л, піддавали дії ультразвуку впродовж 10 хв і центрифугували впродовж однієї хвилини з постійною швидкістю 6000 об/хв. Відбирали піпет-дозатором 0,250 мл розчину, перенесли у мірну колбу на 5,00 мл і доводили до мітки дистильованою водою. Визначення Молібдену в отриманому розчині проводили методом полуменевої

атомно-абсорбційної спектроскопії. Проводили три паралельні визначення кожної проби. Перевірку правильності здійснювали шляхом визначення ступеня повернення добавки стандартного розчину молібдену до холостої проби та до робочих проб (аналогічна наважка немодифікованого кремнезему). Результати визначення Молібдену в досліджуваних зразках (табл. 1) свідчать, що ступінь повернення несуттєво відрізняється від 100 %, що свідчить про правильність аналізу.

*Таблиця 1. Результати визначення Молібдену у зразках (n=3)*

Зразок	Добавка, мкг/мл	Знайдено, мкг/мл	Повернення, %	Ємність (Мо), г/г
1	-	91,0 (s=4)	-	101
	90	182 (s=3)	101	-
2	-	95,7 (s= 1,7)	-	106
	90	188 (s = 5)	103	-
холоста проба	-	-	-	-
	90	92(s=2,8)	102	-

*Оцінка невизначеності вимірювань.* Оцінку невизначеності вимірювань проводили згідно з рекомендаціями [11]. Математичну модель для обчислення вимірюваної величини (ємність сорбенту за Молібденом) можна записати таким чином:

$$a(\varepsilon_{Mo} / \varepsilon) = \frac{C_x \cdot V_5 \cdot V_2}{V_{0,25} \cdot m \cdot 10^6},$$

де  $C_x$  — концентрація Молібдену, знайдена з калібрувального графіка, мкг/мл;  $V_5$  — об'єм мірної колби на 5,00 мл;  $V_{0,25}$  — об'єм аліквоти 0,25 мл;  $V_2$  — об'єм NaOH, мл;  $m$  — маса наважки сорбенту, г;  $10^6$  — фактор переведення у розмірність г. Бюджет невизначеності наведено у табл. 2. Додатково в бюджет невизначеності було включено фактор «Невизначеність стандартного зразка», який пов'язаний з похибкою його атестації, та фактор «Збіжність між паралельними пробами», що не входять у модельне рівняння.

*Таблиця 2. Бюджет невизначеності*

Величина (X)	Значення величини	Стандартна невизначеність, $u(X)$ (закон розподілу)	Тип оцінки (джерело інформації)	Відносна невизначеність, %
$C_x$ , мкг/мл	91	6* (t-розподіл)	A	7
$V_5$ , мл	5	0,01 (трикутний)	B (сертифікат виробника)	0,2
$V_{0,25}$ , мл	0,25	0,001 (рівномірний)	B (сертифікат виробника)	0,6
$V_2$ , мл	2	0,01 (рівномірний)	B (сертифікат виробника)	0,6
$m$ , г	0,04	0,0002 (рівномірний)	B (сертифікат виробника)	0,4
Стандартний зразок, мкг/мл	1	0,006 (рівномірний)	B (сертифікат виробника)	0,6
Збіжність між пробами	1	0,03 (t-розподіл)	A	3

\* — похибка передбачення лінійної регресії,  $n=3$ , кількість рівнів калібрування — 7 [12].

Відносну сумарну стандартну невизначеність ємності за Молибденом обчислювали за законом додавання невизначеностей, при цьому вважали, що окремі складові не корелюють:

$$u_c, \% = \sqrt{\left(\frac{u(C_x)}{C_x}\right)^2 + \left(\frac{u(V_5)}{V_5}\right)^2 + \left(\frac{u(V_{0,25})}{V_{0,25}}\right)^2 + \left(\frac{u(V_2)}{V_2}\right)^2 + \left(\frac{u(m)}{m}\right)^2 + \left(\frac{u(\text{ст.зразок})}{\text{ст.зразок}}\right)^2} + \sqrt{\left(\frac{u(\text{збіжність})}{\text{збіжність}}\right)^2} = \sqrt{7^2 + 0,2^2 + 0,6^2 + 0,6^2 + 0,4^2 + 0,6^2 + 3^2} = 7,3\%$$

### **Висновки**

Методом атомно-абсорбційної спектроскопії можливе визначення ємності сорбенту за іммобілізованою фосформолібденовою гетерополікислотою після її десорбції у розчин. Найбільше впливають на сумарну невизначеність концентрація Молибдену, знайдена з калібрувального графіка ( $C_x$ ), та збіжність між пробами. Оскільки невизначеність  $C_x$  більше залежить від прецизійності обладнання (атомно-абсорбційного спектрометра), то при переході до більш прецизійного обладнання невизначеність аналізу може бути зменшена. Інші величини майже не впливають на сумарну невизначеність аналізу.

### **Література**

1. *Caetano C.S., Fonseca I.M., Ramos A.M., Vital J., Castanheiro J.E.* Esterification of free fatty acids with methanol using heteropolyacids immobilized on silica // *Catalysis Communications*. — 2008. — Vol. 9. — P. 1996—1999.
2. *Verhoef M.J., Kooyman P.J., Peters J.A., van Bekkum H.* A study on the stability of MCM-41-supported heteropoly acids under liquid- and gas-phase esterification conditions // *Microporous and Mesoporous Materials*. — 1999. — Vol. 27. — P. 365—371.
3. *Sopa M., Wąclaw-Held A., Grossy M., Pijanka J., Nowińska K.* Ethane to acetic acid oxidation over supported heteropoly acids // *Applied Catalysis A: General*. — 2005. — Vol. 285. — P. 119—125.
4. *Fuchs V.M., Soto E.L., Blanco M.N., Pizzio L.R.* Direct modification with tungstophosphoric acid of mesoporous titania synthesized by urea-templated sol-gel reactions // *Journal of Colloid and Interface Science*. — 2008. — Vol. 327. — P. 403—411.
5. *Shoji Motomizu, Zhen-Hai Li* Trace and ultratrace analysis methods for the determination of phosphorus by flow-injection techniques // *Talanta*. — 2005. — Vol. 66. — P. 332—340.
6. *Waraporn Som-aum, Haifang Li, Jiangjiang Liu and Jin-Ming Lin* Determination of arsenate by sorption pre-concentration on polystyrene beads packed in a microfluidic device with chemiluminescence detection // *Analyst*. — 2008. — Vol. 133. — P. 1169—1175.
7. *Лосев Н.Ф., Смагунова А.Н.* Основы рентгеноспектрального флуоресцентного анализа. — М.: «Химия», 1982. — 208 с.

8. Дубовик Д.Б., Тихомирова Т.И., Иванов А.В., Нестеренко П.Н., Шнигун О.А. Определение кремния, фосфора, мышьяка и германия в виде гетерополикислот // Журн. аналит. химии. — 2003. — Т. 58. — С. 902—920.

9. Zaporozhets O.A., Kachan I.A., Zinko L.S., Bas J.P. and Davydov V.I. Interaction of Molybdo-phosphoric and Molybdo-antimono-phosphoric Heteropoly Acids with Silica Gels Modified with Aliphatic and Heterocyclic Quaternary Ammonium Salts // Adsorption Science & Technology. — 2011. — Vol. 29. — P. 319—330.

10. Хавезов И., Цалев Д. Атомно-абсорбционный анализ / Под ред. С. З. Яковлевой. — Л.: Химия, 1983. — 144 с.

11. Ellison S.L.R., Williams A. (Eds). Eurachem/CITAC guide: Quantifying Uncertainty in Analytical Measurement, Third edition, (2012) ISBN 978-0-948926-30-3. (доступный через [www.eurachem.org](http://www.eurachem.org)).

12. Дрейпер Н., Смит Г. Прикладной регрессионный анализ: В 2-х кн. Кн. 1 / Пер. с англ. — 2-е изд., перераб. и доп. / Н. Дрейпер, Г Смит. — М.: Финансы и статистика, 1986. — 366 с.

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЕМКОСТИ СОРБЕНТА ПО ИММОБИЛИЗИРОВАННОЙ ФОСФОМОЛИБДЕНОВОЙ ГЕТЕРОПОЛИКИСЛОТЕ МЕТОДОМ ПЛАМЕННОЙ АТОМНО-АБСОРБЦИОННОЙ СПЕКТРОСКОПИИ**

**В.Н. Ищенко**

*Национальный университет пищевых технологий*

**Н.В. Ищенко**

*Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко*

*В статье предложен способ определения емкости сорбента по фосфоромолибденовой гетерополикислоте методом пламенной атомно-абсорбционной спектроскопии и проведена оценка неопределенности измерений. Определено, что наибольший вклад в суммарную неопределенность вносит прецизионность измерения аналитического сигнала.*

**Ключевые слова:** *гетерополикислота, атомно-абсорбционная спектроскопия, неопределенность измерений.*

УДК 543.053

## **ELECTROANALYTICAL REACTION WHEN ANALYZING AND DETERMINING THE AMOUNT OF CELANDINE (*CHELIDONIUM MAJUS* L.) ALKALOID BASES**

**A. Bolotin, V. Tkach**

*Ukrainian State University of Chemical Technology*

**V. Ivchuk**

*Kyryvi Rih National University*

**O. Podobiy**

*National University of Food Technologies*

---

**Key words:**

*Alkaloid*  
*Electrolysis*  
*Amperometric titration*

**Article history:**

Received 12.10.2014  
Received in revised form  
28.10.2014  
Accepted 07.11.2014

**Corresponding author:**

V. Tkach

**E-mail:**

tkachvi@ukr.net

---

**ABSTRACT**

The complex of experimental studies of the basic chemical and electrochemical processes that occur when analyzing and determining the amount of alkaloid bases on the cathode by electrolysis has been conducted. A theory of the influence of indifferent electrolyte additives in electrochemical decomposition which allocated some OH<sup>-</sup> ions on the rate of the cathode discharge celandine alkaloids has been developed.

## **ЕЛЕКТРОАНАЛІТИЧНІ РЕАКЦІЇ ПРИ ВИДІЛЕННІ І ВИЗНАЧЕННІ СУМИ ОСНОВ АЛКАЛОЇДІВ ЧИСТОТІЛУ ВЕЛИКОГО (*CHELIDONIUM MAJUS* L.)**

**О.В. Болотін, В.І. Ткач**

*Український державний хіміко-технологічний університет*

**В.В. Івчук**

*Криворізький національний університет*

**О.В. Подобій**

*Національний університет харчових технологій*

*У статті наведено комплекс експериментальних досліджень основних хімічних і електрохімічних процесів, які відбуваються при виділенні та визначенні суми основ алкалоїдів на катоді методом електролізу. Розвинуто теорію впливу добавок індиферентних електролітів, при електрохімічному розкладанні яких виділяється декілька додаткових ОН-іонів, на швидкість катодного виділення алкалоїдів чистотілу великого (*Chelidonium majus* L.).*

**Ключові слова:** алкалоїд, електроліз, амперометричне титрування, чистотіл великий.



**Постановка проблеми.** Алкалоїди – складні органічні нітрогенвмісні сполуки основного характеру, які продукуються переважно рослинними організмами. В рослинах вони знаходяться у вигляді солей органічних кислот, таких як шавлева, оцтова, молочна, яблучна, лимонна. Алкалоїди мають високу фізіологічну активність: у малих концентраціях проявляють терапевтичну дію, а у великих — токсичну дію. Алкалоїди здобули широке застосування як активні компоненти косметичних засобів, харчових біоактивних добавок і різноманітних лікарських засобів. Вони проявляють в'язучі, антисептичні, заспокійливі й анестезуючі властивості, сприяють швидкому загоюванню дрібних пошкоджень шкіри [1—3].

Одним із перспективних джерел перелічених засобів є рослинна сировина чистотілу великого (*Chelidonium majus* L.), родина Papaveraceae [1—6]. Рослинна сировина цього виду має багатосторонню фармакологічну активність і широко застосовується у науковій та народній медицині. Препарати на основі алкалоїдів чистотілу викликають затримку росту злякисних пухлин, виявляють фунгістатичну та бактеріостатичну дію стосовно туберкульозної мікобактерії. При внутрішньому вживанні ця рослина викликає незначне уповільнення пульсу і знижує артеріальний тиск, має жовчогінну властивість. Також застосовується при стенокардії, гіпертонічній хворобі, при різних захворюваннях, що супроводжуються спазмом мускулатури; при раку шлунка діє трохи знеболююче, успішно використовується при хворобах печінки і жовчного міхура [1,2].

Алкалоїди чистотілу, що вилучені з рослинної сировини, входять до ряду лікарських форм — екстрактів, напарів, мазей, ампул протипухлинного препарату «Україн», «Амітозин», суппозиторіїв «Ліварекс» тощо. У медичній практиці застосовується мазь з порошку трави чистотілу на ланоліні й вазеліні, яка має назву «Плантазан Б», для лікування початкових форм шкірного туберкульозу, а також при псоріазі, раку шкіри, вовчанці і мозолях. Настій трави чистотілу великого (*Infusum herbae Chelidonii majoris*) застосовують як діуретичний, жовчогінний, проносний, болезаспокійливий засіб і в косметиці. Сік чистотілу використовується для припікання бородавок, кондиллом, при червоній вовчанці, пародонтозі. Деякими клініцистами чистотіл рекомендується при грудній жабі, бронхіальній астмі, при холециститах і хронічному ревматизмі [4—6].

Найбільш важливими компонентами чистотілу великого є алкалоїди. До складу чистотілу входять алкалоїди 4 груп:

1. Група хелідоніна (похідні бензофенонтридина, а-нафтофенонтридина):

1.  $\alpha$ - і  $\beta$ -хелідонін  $C_{20}H_{19}O_5N \cdot H_2O$ .

2.  $\alpha$ -гомохелідонін  $C_{21}H_{23}O_5N$ .

3. Метоксихелідонін  $C_{21}H_{21}O_6N$ .

4. Оксихелідонін  $C_{20}H_{17}O_6N$ .

5. Сангвінарин  $C_{20}H_{13}O_4N \cdot H_2O$ .

6. Оксисангвінарин  $C_{20}H_{13}O_5N$ .

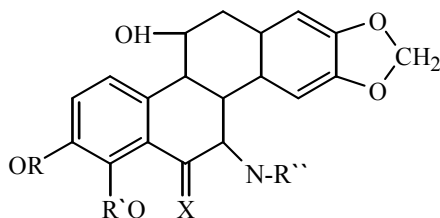
7. Хелеритрин  $C_{21}H_{17}O_4N \cdot H_2O$ .

8. Хелілютин  $(C_{23}H_{24}O_5N)OH$ .

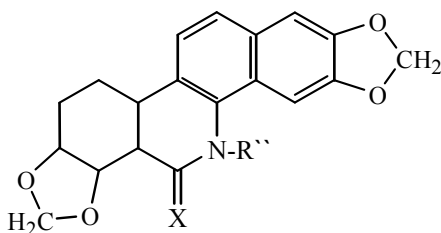
9. Хелірубін  $(C_{20}H_{18}O_5N)OH$ .

Алкалоїди I групи можуть бути двох типів:

1. Алкалоїди, що містять у своїй структурі гідрований бензофенантридинний скелет,



де хелідонін  $R + R' = CH_2$ ,  $R'' = CH_3$ ,  $X = H_2$ ; оксихелідонін  $R + R' = CH_2$ ,  $R'' = CH_3$ ,  $X = O$ ; гомохелідонін  $R = R' = R'' = CH_3$ ,  $X = H_2$ .



де оксисангвіарин:  $X = O$ ,  $R'' = CH_3$ .

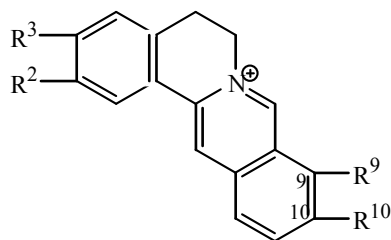
2. Алкалоїди, що містять у своїй структурі дегідрований бензофенантридинний скелет, де сангвіарин:  $R + R' = CH_2$ ,  $R'' = CH_3$ ; хелеритрин  $R = R' = CH_3$ ,  $R'' = CH_3$ .

II. Група берберину (протоберберинові основи):

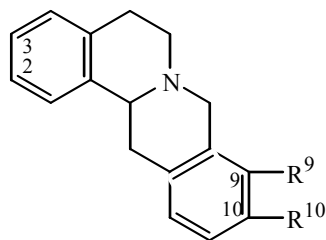
10. Берберин (хелідоксантин)  $C_{20}H_{19}O_5N$ .

11. d-, l-стилопін  $C_{19}H_{17}O_4N$ .

12. Коптизин  $C_{19}H_{15}O_5N$ .

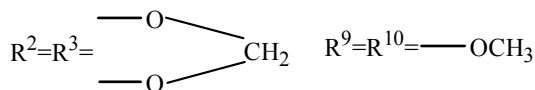


**1. Протоберберин**

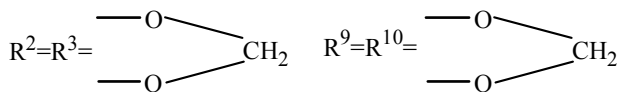


**2. Тетрагідропротоберберин**

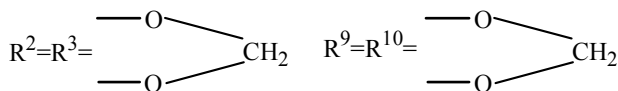
Берберин формула I



коптизин формула I



стилопін формула II

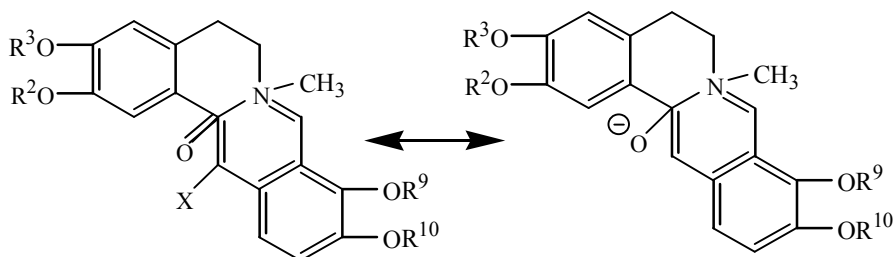


III. Група протопіна

13. Протопін  $\text{C}_{20}\text{H}_{19}\text{O}_5\text{N}$ .

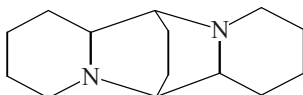
14.  $\alpha$ -алокраптопін  $\text{C}_{21}\text{H}_{23}\text{O}_5\text{N}$ .

15.  $\beta$ -алокраптопін  $\text{C}_{21}\text{H}_{23}\text{O}_5\text{N}$ .



де протопін:  $\text{R}^2+\text{R}^3 = \text{CH}_2$ ,  $\text{R}^9+\text{R}^{10} = \text{CH}_2$ ,  $\text{X}=\text{H}$ ;  $\alpha$ - и  $\beta$ -алокриптопін:  $\text{R}^2+\text{R}^3 = \text{CH}_2$ ,  $\text{R}^9+\text{R}^{10}=\text{CH}_3$ ,  $\text{X}=\text{H}$ .

IV. Група хінолізидина:



16. d-спартеїн  $\text{C}_{15}\text{H}_{26}\text{N}_2$ .

17. l-спартеїн  $\text{C}_{15}\text{H}_{26}\text{N}_2$ .

18. dl-спартеїн  $\text{C}_{15}\text{H}_{26}\text{N}_2$ .

19. Хелідамін  $\text{C}_{19}\text{H}_{19}\text{O}_4\text{N}$ .

20. Хеламідін  $\text{C}_{21}\text{H}_{23}\text{O}_6\text{N}$ .

21. Тетрагідрокоризамін  $\text{C}_{20}\text{H}_{19}\text{O}_4\text{N}$ .

22. Хелідімерин  $\text{C}_{43}\text{H}_{38}\text{N}_2\text{O}_9$ .

Більшість існуючих методів кількісного вилучення та визначення біоактивних препаратів рослинного походження [5—7] шляхом екстракції токсичними й коштовними органічними розчинниками є трудомісткими, недостатньо чутливими і селективними, не гарантують потрібної надійності результатів, тому розробка нових методик кількісного виділення та визначення біоактивних препаратів, а саме: алкалоїдів чистотілу, є актуальним завданням. Вирішення перелічених проблем можливе при використанні процесів водно-кислотної екстракції (напарювання) солей алкалоїдів з рослинної сировини з подальшим електроосадженням суми основ алкалоїдів на поверхні металевого катоду й кількісного аналізу виділених основ алкалоїдів гравіметричним та амперометричним методами з використанням гетерополіаніонів (ГПА) структури Кеггіна як аналітичного реагента на нітрогенвмісні біологічноактивні речовини [8—11].

Спосіб виділення суми алкалоїдів чистотілу, описаний в монографії [1], передбачає застосування такої методики: в перколятор завантажують 1,0 кг сухої трави чистотілу великого. Екстракцію проводять противотоком. Екстрагент — суміш 70 % ацетону та 30 % дистильованої води, підкисленої 0,5 % розчином оцтової кислоти. Процес екстракції та настоювання продовжується 8 годин. Потім екстракт з перколятора зливають (об'єм 6,0 л) в круглодонну колбу і на водяній бані відганяють ацетон (~ 4,0 л). Водний кубовий залишок (2,0 л) переносять в конічну колбу і витримують при температурі 2...3 °С протягом 10—12 годин. Витриманий водний розчин солей алкалоїдів (прозорий, темно-вишневого кольору) обережно декантують в чисту колбу і підключають розчином концентрованого аміаку до рН 10...11. При цьому алкалоїди випадають у вигляді жовто-помаранчевого осаду. Основи алкалоїдів екстрагують хлороформом (3 x 2 л). Хлороформний екстракт (6,0 л), який містить суму основ алкалоїдів чистотілу, витримують 5—10 год і відділяють незначну водну фазу; а потім екстракт відганяють до 40...50 мл. До отриманого концентрату додають 10,0 мл дистильованої води і 10 % водний розчин HCl до рН 3,0. Випаровують на водяній бані до повного виділення  $\text{HCl}_3$ . Отриманий водний розчин гідрохлоридів алкалоїдів охолоджують і при цьому випадає осад масою 3,26 г суми алкалоїдів у вигляді гідрохлоридних солей. Відфільтрований водний розчин випаровують до сухих солей, які перекристалізують з води. Загалом з 1 кг сухої трави чистотілу великого отримують 4,16 г суми алкалоїдів або 0,416% від маси рослинної сировини із ступенем чисту 95 %.

Аналіз наукової літератури свідчить [1–5], що вміст алкалоїдів в рослинній сировині *Chelidonium Majus* L. коливається в межах від 2 %. За методикою [1], вихід алкалоїдів складає до 21 % від їх загального вмісту в сухій рослинній сировині. Недоліками цього методу виділення суми алкалоїдів чистотілу також є: використання у великих кількостях дорогих, високотоксичних і летких органічних розчинників (ацетон, хлороформ), велика кількість стадій способу, тривалий час виділення продукту і нестабільність якості.

Метою дослідження є розробка універсальної комплексної технології виділення суми алкалоїдів із рослинної сировини чистотілу великого у вигляді кислотних екстрактів і подальшої електрокристалізації суми основ алкалоїдів зі ступенем чистоти не менше 98 % методом електролізу.

**Експериментальна частина.** Запропонована комплексна технологія складається з двох стадій:

1. Виділення суми алкалоїдів чистотілу із рослинної сировини за допомогою водних розчинів мінеральних кислот з масовою часткою останніх 1—3 %. Кислотне напарювання на водяній бані протягом 4 год дозволяє отримати концентрований напар (екстракт) водорозчинних солей суми алкалоїдів чистотілу великого.

2. Виділення (електрокристалізація на катоді) суми основ алкалоїдів в чистому вигляді з водного розчину кислотного напару методом електролізу.

У результаті послідовної реалізації двох стадій відбувається виділення суми основ алкалоїдів чистотілу великого із сировини з повнотою виділення ~ 40—45 %, при цьому практично не виділяються пігменти, флавоноїди,

ліпази, що є попередньою умовою подальшої очистки алкалоїдів. Це дає змогу різко скоротити кількість стадій у технологічному процесі отримання алкалоїдів, у 7—8 разів зменшити час виділення алкалоїдів, повністю виключити із технологічного процесу використання органічних високотоксичних і летких розчинників, підвищити ступінь чистоти та якість готового продукту.

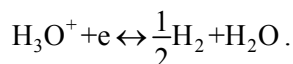
Через велику структурну різноманітність алкалоїдів не існує єдиного методу виділення їх із природної сировини. Більшість методів засновані на використанні того факту, що основи алкалоїдів, як правило, добре розчинні в органічних розчинниках і погано розчинні у воді, а солі — навпаки. При виділенні алкалоїдів у вигляді солей рослину сировину обробляють 1—3 % водним розчином соляної кислоти. Після такої обробки всі алкалоїди переходять у кислотну витяжку у вигляді гідрохлоридних солей. Водно-кислотну екстракцію проводять при нагріванні у перколяторах або на водяній бані.

Зважаючи на добру розчинність гідрохлоридних солей AlkCl чистотілу великого у воді (розчинність ~325—375 г/л) [9—11], можна вважати, що вони будуть дисоціювати на іони:

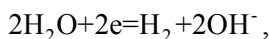


На катоді будуть перебігати такі електрохімічні реакції:

1. Реакція виділення водню за рахунок відновлення іонів гідроксонію:

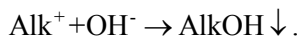


2. Відновлення молекул води за реакцією:



що супроводжується різким підйомом сили струму та зміною рН розчину біля катоду (рН → 14).

Таким чином, на катоді замість іонів Alk<sup>+</sup> будуть відновлюватись молекули води. В цьому випадку два електрони, що надходять з катоду, реагують з двома молекулами води, утворюючи молекулу водню і два гідроксил-іони. Відновлений водень виділяється з розчину у вигляді бульбашок газу. Відновлення іонів Н<sup>+</sup> компенсується міграцією у катодіт катіонів Alk<sup>+</sup> і відходом з нього еквівалентної кількості іонів Cl<sup>-</sup>. Біля катоду накопичуються іони Alk<sup>+</sup> і OH<sup>-</sup>. У цьому випадку OH<sup>-</sup>-іони є кінцевим продуктом електрохімічної реакції і їх концентрація біля поверхні електрода досягає декілька молів/л. У зв'язку з цим у приелектродному шарі перебігає хімічна реакція:



Отже, алкалоїди осаджуються на катоді за рахунок позитивної адсорбції у вигляді дрібнокристалічного щільного осаду суми основ алкалоїдів AlkOH чистотілу великого.

На підставі вказаних експериментальних даних розроблено методику отримання основ алкалоїдів чистотілу великого методом електролізу та детально досліджено явище впливу добавок індиферентних електролітів на швидкість виділення алкалоїдів.

Приклад виконання кислотної екстракції (напарювання) та електролізу солей алкалоїдів з рослинної сировини: 50,0 г сухої та дрібно подрібненої трави чистотілу заливають 400,0 мл 1 % водного розчину HCl в термостійку хімічну колбу на 1000,0 мл і напарюють на водяній бані протягом 4–5 годин. Кислотний напар фільтрують через паперовий фільтр «червона стрічка», переносять в колбу і доводять об'єм до 400 мл. рН отриманого розчину складає 3–4,5.

100 мл отриманого напару переносять в електролізер з системою електродів: катод, площею 2000 мм<sup>2</sup> виготовлений із сталі; анод, площею 2000 мм<sup>2</sup>, виготовлений із алюмінію, який знаходиться в мінікапсулі з пергаментного паперу, що забезпечує чистоту кислотного напару від забруднення сполуками алюмінію. Відстань між електродами складає 30 мм; напруга на електродах 2,50 В; сила струму в електролізері  $I = 100$  мА. Електроліз кислотного напару проводили в чотири стадії по 15 хв, загалом електролітичне виділення алкалоїдів відбувалося протягом 60 хвилин. Кристали суми основ алкалоїдів, що виділились на сталевому катоді, промивають дистильованою водою, етиловим спиртом і висушують у сушильній шафі при  $t = 50$  °С.

**Результати і обговорення.** Вивчений вплив різних факторів на ступінь виділення суми алкалоїдів чистотілу. Найбільш на ступінь виділення алкалоїдів впливає підвищення температури розчину та введення добавок, кінцевим продуктом перетворення яких на електроді є ОН-іони, причому їх рівноважний потенціал є більш негативним за рівноважний потенціал відновлених молекул води. В табл. 1 наведено приклади стадій електрохімічного розкладання добавок індиферентних електролітів, які можуть впливати на процес виділення суми основ алкалоїдів при електролізі.

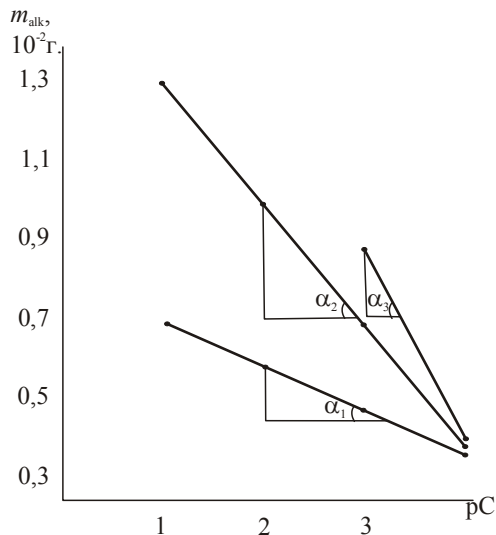
*Таблиця 1. Приклади стадій електрохімічного розкладання добавок індиферентних електролітів*

№ з/п	Електрохімічна стадія	$E_0$ , В
1.	$SbO_2^- + 2H_2O + 3e \rightarrow Sb + 4OH^-$	- 0,66
2.	$SO_3^{2-} + 3H_2O + 6e \rightarrow S^{2-} + 6OH^-$	- 0,61
3.	$2SO_3^{2-} + 3H_2O + 4e \rightarrow S_2O_3^{2-} + 6OH^-$	- 0,58
4.	$N_2O_3^{2-} + 6H_2O + 4e \rightarrow 2NH_2OH + 6OH^-$	- 0,73
5.	$MoO_4^{2-} + 4H_2O + 6e \rightarrow Mo + 8OH^-$	- 1,05
6.	$WO_4^{2-} + 4H_2O + 6e \rightarrow W + 8OH^-$	- 1,05
7.	$SO_4^{2-} + H_2O + 2e \rightarrow SO_3^{2-} + 2OH^-$	- 0,9
8.	$ClO_3^- + H_2O + e \rightarrow ClO_2 \uparrow + 2OH^-$	- 0,45
9.	$SeO_3^{2-} + 3H_2O + 4e \rightarrow Se + 6OH^-$	- 0,366

При розкладанні  $KClO_3$  виділяється два ОН-іони, при розкладанні  $Na_2SO_3$  виділяється 6ОН-іонів, а при розкладанні  $Na_2MoO_4$  виділяється 8ОН-іонів. Як видно з рисунку кути нахилу кривих співвідносяться відповідно як 1:3:4. Це свідчить про те, що результатом виділення основ алкалоїдів на катоді у комірці є хімічна реакція, яка відбувається за електрохімічною реакцією розкладання води та наведених неорганічних добавок.

Отримані результати дозволили знайти оптимальні умови для проведення кількісного виділення суми основ алкалоїдів з напарів: сила струму — 100 мА; час електролізу 15–20 хв з моменту включення струму; підвищення

температури ( $\approx$  до 35—45 °С) та додавання таких добавок, як хлорат калію, концентрацією 0,001 М, 0,01 М та 0,1 М, селеніт свинцю — 0,001 М, сульфат натрію — 0,001 М, 0,01 М та 0,1 М, вольфрамат натрію — 0,001 М та 0,01 М, молібдат натрію — 0,001 М та 0,01 М. Слід зазначити, що найбільш оптимальною добавкою є сульфат натрію.



**Рис.** Залежність виділення суми основ алкалоїдів від додавання добавок різної концентрації: 1 — додавання  $\text{KClO}_3$ ; 2 — додавання  $\text{Na}_2\text{SO}_3$ ; 3 — додавання  $\text{Na}_2\text{MoO}_4$ . Кути нахилу співвідносяться відповідно як 1:3:4

У табл. 2 наведено результати впливу добавок індиферентних електролітів на вихід суми основ алкалоїдів чистотілу великого  $\text{AlkOH}$ .

$$*n = \frac{m_d}{m_r},$$

де  $m_d$ ,  $m_r$  — маси суми основ алкалоїдів виділених електролізом з розчинів з добавкою та без добавки відповідно.

Зростання виходу продукту залежно від природи та концентрації добавки пов'язане зі збільшенням об'єму приелектродного шару, де проходить хімічна реакція утворення осаду.

*Таблиця 2.* Вплив добавок індиферентних електролітів на збільшення  $*n = \frac{m_d}{m_r}$  виходу корисного продукту — суми основ алкалоїдів чистотілу великого

Концентрація С, М	Добавка індиферентного електроліту				
	$\text{KClO}_3$	$\text{PbSeO}_3$	$\text{Na}_2\text{SO}_3$	$\text{Na}_2\text{WO}_4$	$\text{Na}_2\text{MoO}_4$
1	2	3	4	5	6
$10^{-1}$	Вихід збільшився у 1,30 раз	—	Вихід збільшився у 3,36 раз	—	—

1	2	3	4	5	6
$10^{-2}$	Вихід збільшився у 1,24 рази	Вихід збільшився у 1,50 рази	Вихід збільшився у 3,00 рази	Вихід збільшився у 1,88 рази	Вихід збільшився у 1,80 рази
$10^{-3}$	Вихід збільшився у 1,18 рази	Вихід збільшився у 1,55 рази	Вихід збільшився у 2,08 рази	Вихід збільшився у 2,22 рази	Вихід збільшився у 2,39 рази

У табл. 3 наведено оптимальні умови технологічного процесу виділення алкалоїдів чистотілу.

Таблиця 3. Умови технологічного процесу виділення алкалоїдів чистотілу

Умови виділення			Вихід %
Час екстракції, год	Сила струму I, мА	Час електролізу, хв	
3,5	85	50	35—40
4,0	95	55	40—45
4,5	105	60	40—45

Аналітичний контроль вмісту алкалоїдів в кислотному напарі до і після електролізу проводили методом амперометричного титрування [13, 15]. Результати аналітичного моніторингу вмісту алкалоїдів в кислотному напарі до і після електролізу методом амперометричного титрування наведено в табл. 4.

Таблиця 4. Результати аналізу вмісту алкалоїдів у кислотному напарі до і після електролізу методом амперометричного титрування.

№ з/п	Вміст алкалоїдів у 100 мл напару, грам $m_0$	Маса алкалоїдів, виділена з 100 мл напару, грам $m_{ел}$	% виходу = $\frac{m_{ел}}{m_0} \cdot 100 \%$	Середній %	Метрологічні характеристики
1.	0,1386	0,0603	43,51		
2.	0,1386	0,0602	43,43		
3.	0,1386	0,0608	43,87		
4.	0,1386	0,0600	43,29		
5.	0,1386	0,0601	43,36		

Умови електролізу кислотного напару чистотілу великого:  $I=100$  мА;  $E=2,3—2,5$  В;  $t=60$  хв; рН 3,5. Об'єм розчину для електролізу — 100,0 мл; ( $n=5$ ;  $P=0,95$ ).

Таким чином, розроблений спосіб виділення суми алкалоїдів чистотілу методом електролізу скорочує час проведення технологічного процесу на 34 год (у 6,8 рази) порівняно з методом А.І. Потопальського [1], надає можливість отримувати чисту субстанцію суми основ алкалоїдів із рослинної сировини без використання летких і токсичних органічних розчинників. Також важливою перевагою є підвищення на 20 % виділення алкалоїдів із ступенем чистоти не менше 98 %.

Узагальнення отриманих експериментальних даних процесів катодного осадження суми основ алкалоїдів чистотілу великого дає змогу сформулювати основні закономірності цього процесу [8—11]:



1. При пропусканні струму крізь водянні розчини солей алкалоїдів виділяються основи алкалоїдів.

2. Швидкість виділення алкалоїдів залежить від напруги та часу електролізу.

3. Перемішування електроліту збільшує величину граничного струму, тобто електроаналітичні процеси перебігають в умовах дифузійного контролю.

4. Спостерігається суттєвий вплив температури на вихід суми основ алкалоїдів чистотілу великого.

5. Спостерігається значний вплив активності іонів водню на масу виділення основ алкалоїдів на електроді, що пояснюється зрушенням рівноваги убік утворення молекул водню.

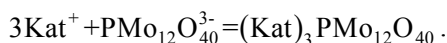
6. При додаванні до розчину солей алкалоїдів індиферентного електроліту різко зростає швидкість виділення основ алкалоїдів.

7. Методом електролізу можна виділяти чисті суміші основ алкалоїдів, не застосовуючи лугів і органічних розчинників.

Однак виділення суми алкалоїдів чистотілу з рослинної сировини, описаними в науковій літературі методами [5–7], має низку недоліків: тривалість процесів, багатостадійність, використання великої кількості токсичних і дорогих органічних розчинників. Тому актуальним є процес виділення суми основ алкалоїдів чистотілу великого з рослинної сировини шляхом кислотного напарювання та методом електролізу.

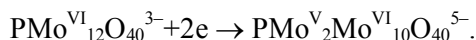
*Аналітичний контроль суми алкалоїдів чистотілу.* Загальний вміст суми алкалоїдів у кислотних напарах і ступінь чистоти алкалоїдів, які були виділені методом електролізу, проводили методом амперометричного титрування [8, 12].

Амперометричне титрування органічних катіонів алкалоїдів  $\text{Kat}^+$  розчинами 12-молібдофосфатної гетерополікислоти  $\text{H}_3\text{PMo}_{12}\text{O}_{40}$  (МФК) базується на реакції осадження:



Алкалоїди чистотілу містять у своїх структурах п'ятичленний гетероцикл з атомом азоту, який має яскраво виражені протоноакцепторні властивості. При взаємодії алкалоїдів з гетерополікислотами утворюються малорозчинні у воді осадки з іонно-асоціативним характером зв'язку [12], при цьому стехіометричне співвідношення гетерополіаніон (ГПА) МФК — органічний катіон (ОК) суми алкалоїдів ГПА:ОК дорівнює 1:3.

При вольтамперометричному вивченні електрохімічної поведінки органічних катіонів алкалоїдів  $\text{Kat}^+$  виявилось, що при катодній поляризації в інтервалі від +0,5 В до –0,5 В вони є неелектроактивною хімічною сполукою. В тих же умовах гетерополіаніон 12-молібдофосфатної кислоти при використанні якфонового електроліту 0,1 М розчину натрій сульфату дає чітку хвилю електровідновлення двох атомів молібдену [12]:



Виходячи з того, що між речовиною, яка визначається, і титрантом проходить реакція з утворенням малорозчинної сполуки, а титрант є електроактивною речовиною, можливе амперометричне титрування органічних катіонів алкалоїдів

Kat<sup>+</sup> з водним розчином МФК з індикацією точки еквівалентності за силою дифузійного струму електровідновлення гетерополіаніона.

У процесі амперометричного титрування після додавання окремої порції реактиву відмічали силу струму при напрузі, що відповідає величині граничного дифузійного струму. За цими даними будували криві амперометричного титрування в координатах сила струму — об'єм титранту та графічно знаходили точку еквівалентності.

Отже, можливе амперометричне титрування водних розчинів суми алкалоїдів водним розчином ГПК з індикацією точки еквівалентності за силою дифузійного струму електровідновленням ГПА. При проведенні титрування на систему накладають напругу, яку обирають за результатами аналізу вольтамперних кривих відновлення ГПА.

Амперометричне титрування проводили таким чином: із напару брали аліквоту 10 мл, поміщали в електрохімічну комірку на 100 мл, додавали 1 мл фонового електроліту (0,01 М сульфат натрію Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>). У комірку вносили систему електродів (електрод порівняння — насичений хлорсрібний напівелемент, робочий електрод — графітовий), потім задавали напругу +0,01 В і через 60—90 с фіксували значення «нульового» струму. Титрували 10<sup>-2</sup> М розчином 12-молібдофосфатної гетерополікислоти (МФК) H<sub>3</sub>PMo<sub>12</sub>O<sub>40</sub> порціями по 0,5 мл. Фіксація величини сили граничного струму — через 10 с після кожного додавання титранта. Амперометричне титрування завершують після різкого збільшення граничного струму. Об'єм титранту на титрування, визначають графічно по кривій амперометричного титрування

Кількість алкалоїдів, що визначається, розраховується за формулою:

$$m = \frac{3 \cdot V_{\text{ГПК}} \cdot C_{\text{ГПК}} \cdot M}{1000},$$

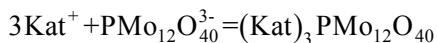
де 3 — кількість молей алкалоїдів, що реагує з 1 молем МФК;  $V_{\text{ГПК}}$  — об'єм титранту, мл;  $C_{\text{ГПК}}$  — концентрація МФК моль/л;  $M$  — середня молекулярна маса алкалоїдів, г/моль.

Для розрахунку кількісного вмісту суми алкалоїдів у розчині фільтрату вважали, що середньомолекулярна маса становить 349,75 г/моль (молекулярна маса різних алкалоїдів знаходиться у межах від 234 г/моль до 383 г/моль).

Амперометричне титрування показало, що метод кислотного напарювання дозволяє вилучити від 1,5 до 2,0 % алкалоїдів у вигляді солей залежно від ступеня подрібнювання рослинної сировини.

У процесі амперометричного титрування після додавання окремої порції реактиву відмічають силу струму при напрузі, відповідній величині граничного струму. За цими даними будують криву амперометричного титрування в координатах сила струму — об'єм титранту та графічно знаходять точку еквівалентності [12].

Для гравіметричного визначення суми алкалоїдів чистотілу великого використовували реакцію



між органічними катіонами досліджуваних алкалоїдів і гетерополіаніонами  $\text{PMo}_{12}\text{O}_{40}^{3-}$  [12], яка призводить до утворення малорозчинних стійких сполук

загальної формули  $(\text{Kat})_3\text{PMo}_{12}\text{O}_{40}$ , що є оптимальними осадженою та ваговою формами (реакція (1)).

Стехіометричне співвідношення органічний катіон: гетерополіаніон = 3:1. Гравіметрию проводили так: до 30 мл фільтрату, отриманого в результаті кислотного напарювання на водяній бані додавали надлишок 10 мл  $10^{-2}$  М розчину МФК. Утворений осад відстоювався протягом двох годин, потім фільтрувався крізь попередньо зважений фільтр «синя стрічка». Осад тричі промивався дистильованою водою, висушувався у сушильному шафі при температурі 70—80 °С. Маса виділених алкалоїдів  $m_{\text{alk}}$  розраховували за формулою:

$$m_{\text{alk}} = mF,$$

де  $m$  — маса вагової форми;  $F$  — гравіметричний фактор перерахунку.

$F$  знаходиться за формулою:

$$F = v_1 M(\text{визначуваних алкалоїдів}) / v_2 M(\text{гравіметричної форми}),$$

де  $v_1$  — кількість молей основ алкалоїдів;  $v_2$  — кількість молей МФК;  $(\text{Kat})_3\text{PMo}_{12}\text{O}_{40}$  — гравіметрична форма.

Гравіметрія підтвердила дані амперометричного титрування, тобто методом кислотного напарювання можна вилучити до 2,0 % алкалоїдів залежно від умов проведення процесу виділення.

Розроблені методики гравіметричного й амперметричного визначення суми алкалоїдів чистотілу великого з використанням гетерополіаніонів (ГПА) структури Кеггіна як аналітичних реагентів були адаптовані на реальних об'єктах аналізу:

А) Кількісне визначення суми алкалоїдів у водно-спиртових екстрактах чистотілу гравіметричним методом.

Мацерацію алкалоїдів у вигляді водно-спиртових екстрактів приводили з використанням 96, 70 та 48 % етилового спирту в процесі тривалого настоювання (7 діб). У колбу на 250,0 мл вносили 25,0 г сухого подрібненого чистотілу та 200,0 мл 96, 70 або 48 % етилового спирту і настоювали протягом 7 діб.

Результати досліджень наведені в табл. 5.

**Таблиця 5. Кількісне визначення суми алкалоїдів у водно-спиртових екстрактах чистотілу гравіметричним методом**

Об'єкт аналізу	Вміст % Alk		
	96 % C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH	70 % C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH	48 % C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH
Коріння чистотілу	0.517	0.885	0.721
Надземна частина чистотілу	0.333	0.565	0.440

Б) Дослідження залежності відсоткового вмісту алкалоїдів від періоду вегетації чистотілу великого методом амперометричного титрування.

Згідно з літературними даними [1—6], при дослідженні рослин на вміст біоактивних компонентів необхідно досліджувати окремо різні їх частини, тому нами були вивчені окремо коріння чистотілу і наземна його частина. Також є дані, що відсотковий вміст і якісний склад алкалоїдної суміші

можуть змінюватись протягом року [1—5], вони залежать від стадії розвитку рослини (одні алкалоїди можуть перетворюватись в інші в процесі росту рослини). Дані про залежність відсоткового вмісту алкалоїдів від періоду вегетації наведені в табл. 6.

**Таблиця 6. Залежність відсоткового вмісту алкалоїдів від періоду вегетації чистотілу великого**

Період вегетації	Вміст % Alk					
	Метод амперометричного титрування					
	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>		Hac		HCl	
Кислота	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>		Hac		HCl	
Концентрація	3 %	2 %	3 %	2 %	3 %	2 %
До початку цвітіння	1,8886	1,3430	1,0072	0,4197	0,3462	0,3357
Період цвітіння	1,2471	0,9134	0,8120	0,3619	0,2516	0,2278
Після цвітіння	1,2005	0,8975	0,8005	0,3202	0,2301	0,2114

Результати, наведені в табл. 6, дають змогу стверджувати, що оптимальним екстрагентом алкалоїдів із сухого чистотілу є 70-відсотковий етиловий спирт. Результати свідчать про те, що в процесі кислотного напарювання вихід алкалоїдів зменшується в 2—3 рази порівняно з екстракцією етиловим спиртом. У той же час необхідно відмітити експресність кислотного напарювання (час виділення зменшується в 30—35 разів), до того ж кислотне напарювання є відносно дешевим методом. Природа кислот, що використовувались у ході дослідження, практично не впливає на процес виділення алкалоїдів із рослинної сировини. Бажано користуватись у кислотних напарах соляною кислотою з масовою часткою 3 %, що забезпечує повне виділення алкалоїдів у вигляді гідрохлоридних солей, а також з'являється можливість видалення надлишку соляної кислоти за рахунок її леткості в процесі кислотного напарювання.

В) Результати гравіметричного й амперометричного визначення суми алкалоїдів чистотілу великого в інших реальних об'єктах аналізу.

Розроблена методика кількісного визначення суми алкалоїдів амперометричним титруванням у досить широкому інтервалі концентрацій і рН розчинів. Правильність результатів була перевірена методом варіювання маси наважки (табл. 7). Результати апробації розробленої методики визначення суми алкалоїдів на модельних розчинах і реальних об'єктах — кислотних напарах чистотілу великого та лікарській формі «Настоянка чистотілу великого» свідчать про достатню чутливість методики і відтворюваність результатів. Мінімальна визначувана концентрація суми алкалоїдів чистотілу — 0,035 мг/мл.

Реакція взаємодії  $\text{PMo}_{12}\text{O}_{40}^{3-}$  і ОК алкалоїдів з утворенням малорозчинної у воді сполуки сталого складу використана для гравіметричного визначення суми алкалоїдів чистотілу ( $C_{\min}$  — 1мг/мл) з достатніми аналітичними та метрологічними характеристиками. Результати статистичного аналізу контролю вмісту суми алкалоїдів чистотілу в рослинній сировині гравіметричним методом є задовільними (табл. 8).

**Таблиця 7. Результати визначення алкалоїдів чистотілу в модельних розчинах ( $n = 5, P = 0,95$ )**

Визначувана речовина	Метод	Введено, мг	Знайдено ( $\bar{x} \pm \delta$ ) мг	$S_r$
Сума алкалоїдів чистотілу	Амперометричне титрування	5,00	5,04±0,12	0,02
	Перевірка методом добавок	5,00+0,30	5,31±0,10	0,02
		5,00+0,50	5,49±0,11	0,02
	Гравіметрія	50,00	50,31±0,72	0,01
	Перевірка методом варіювання наважки	75,00	75,22±0,50	0,01
		100,00	100,53±1,71	0,01
	Амперометричне титрування	5,00	5,05±0,10	0,02
	Перевірка методом варіювання наважки	6,00	6,01±0,12	0,02
7,00		7,02±0,20	0,02	

**Таблиця 8. Результати визначення алкалоїдів чистотілу в реальних об'єктах — рослинній сировині (100г сухої рослинної сировини в 800 мл 2 % розчину  $H_2SO_4$ ) і лікарських формах ( $n = 7, P = 0,95$ )**

Об'єкт	Метод	Знайдено ( $\bar{x} \pm \delta$ ),г	$S_r$
Кислотний напар сухої рослинної сировини	Амперометричне титрування	0,780±0,016	0,02
	Гравіметрія	0,784±0,004	0,01
Таблетки «Берберину бісульфату»	Амперометричне титрування	4,970±0,181	0,03
	Іонометрія	4,981±0,107	0,02
Лікарська форма «Настоянка чистотілу великого»	Амперометричне титрування	0,770±0,020	0,03
	Гравіметрія	0,771±0,011	0,01

### **Висновки**

Отже, у результаті дослідження умов виникнення явищ просторово-часової самоорганізації електрохімічної системи та її впливу на зростання швидкості виділення алкалоїдів на поверхні електроду та вихід корисного продукту встановлено, що методом електролізу найбільш повне виділення алкалоїдів з напарів спостерігається при використанні 1 % розчину соляної кислоти, що пов'язано з менш інтенсивним виділенням водню, який призводить до руйнування активної поверхні робочого електроду і, відповідно, до опадання основ алкалоїдів.

Запропоновано узагальнену реакційну схему хімічних та електрохімічних процесів утворення суми основ алкалоїдів чистотілу великого з кислотних напарів на сталевому катоді під час електролізу, згідно з якою хімічна стадія виділення основ алкалоїдів здійснюється після стадії електрохімічного розкладання води та добавок індиферентних електродитів.

Показано, що додавання індиферентного електроліту, потенціал розкладання якого знаходиться лівіше потенціалу розкладання води, збільшує вихід основ алкалоїдів.

Розроблено методики гравіметричного й амперметричного визначення суми алкалоїдів чистотілу великого з використанням гетерополіаніонів (ГПА)

структури Кеггіна як аналітичних реагентів, які відрізняються високою чутливістю ( $10^{-3}$ — $10^{-4}$  мол/л), простим обладнанням, експресністю і були адаптовані на реальних об'єктах аналізу.

### Література

1. *Потопальский А.И.* Препараты чистотела в биологии и медицине / А.И. Потопальский. — Киев: Наукова думка, 1992. — 237 с.
2. *Харченко М.С.* Лікарські рослини і їх застосування в народній медицині / М.С. Харченко, В.І. Сила, Л.Й. Володарський. — Київ: Урожай, 1984. — 398 с.
3. *Семёнов А.А.* Основы химии природных соединений / А.А. Семёнов. — М.: ICSPF, 2009. — 578 с.
4. *Кочетков В.Д.* Химия природных соединений / В.Д. Кочетков. — М.: Химия, 2000. — 360 с.
5. *Краснов Е.А.* Выделение и анализ природных биологически активных веществ / Е.А. Краснов. — Томск: изд-во Томского университета, 1987. — 184 с.
6. *Ластухін Ю.О.* Хімія природних органічних сполук / Ю.О. Ластухін. — Л.: Нац. університет «Львівська політехніка», 2005. — 560 с.
7. *Смалюх О.Г.* Оцінка складу та вмісту біологічно активних речовин рослинних екстрактів, отриманих за різними технологіями / О.Г. Смалюх // Фармацевтичний часопис. — 2010. — № 4. — С. 13—19.
8. *Выделение, идентификация и амперометрическое определение суммы алкалоидов в кислотных напарах «Чистотела большого»* / Я.В. Степневская, Л.П. Цыганок, А.Н. Вакулич, В.И. Ткач // Вопросы химии и химической технологии. — 2001. — № 3. — С. 9—11.
9. *Патент 54148 А* Україна, МКИ С07D307/50, С25В3/00. Спосіб отримання алкалоїдів із рослинної сировини *Chelidonium Majus L.* / Ткач В.І., Степневська Я.В. — № 2002054258; Заявл. 24.05.2002; Опубл. 17.02.2003. Бюл. № 2.
10. *Електрокристалізація суми основ алкалоїдів із рослинної сировини Chelidonium Majus L.* / Я.В. Степневська, В.Н. Ковтун, А.М. Вакулич, В.І. Ткач // Вопросы химии и химической технологии. — 2003. — № 2. — С. 24—28.
11. *Болотін О.В.* Моделювання кінетики та механізму електроаналітичних реакцій при виділенні суми основ алкалоїдів методом електролізу / О.В. Болотін, В.В. Нечипорук, В.І. Ткач // Вісник Харківського національного університету. — 2011. — № 976, Хімія. — Вип. 20 (43). — С. 261—267.
12. *Ткач В.И.* Гетерополианионы структуры Кеггина — аналитические реагенты на азотсодержащие органические вещества: Дис. ... д-ра хим. наук: 02.00.02. / Ткач В.И.. — Днепропетровск: ДДУ, 1999. — 360 с.

## ЕЛЕКТРОАНАЛИТИЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ ПРИ ВЫДЕЛЕНИИ И ОПРЕДЕЛЕНИИ СУММЫ ОСНОВ АЛКАЛОИДОВ ЧИСТОТЕЛА БОЛЬШОГО (*CHELIDONIUM MAJUS L.*)

А.В. Болотин, В.И. Ткач

Украинский государственный химико-технологический университет

**В.В. Ивчук**

*Криворожский национальный университет*

**Е.В. Подобий**

*Национальный университет пищевых технологий*

*В статье приведен комплекс экспериментальных исследований основных химических и электрохимических процессов, которые происходят при выделении и определении суммы основ алкалоидов на катоде методом электролиза. Развита теория влияния добавок индифферентных электролитов, при электрохимическом разложении которых выделяется несколько дополнительных ОН-ионов, на скорость катодного выделения алкалоидов чистотела большого (*Chelidonium majus L.*).*

**Ключевые слова:** *алкалоид, электролиз, амперометрическое титрование, чистотел большой.*

## 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 видана 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 роздручків 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 версії 2003 чи нижчій) на електронному носії. На електронному носії не повинно бути інших версій та інших статей, у тексті статті — порожніх рядків. Між словами допускається лише один пробіл. Усі сторінки тексту мають бути пронумеровані. Обсяг статті має бути не менший 12 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, українською та російською мовами).
3. Ініціали та прізвища авторів англійською, українською та російською мовами (не більше чотирьох авторів).
4. Анотація (10—15 рядків англійською, українською та російською мовами). 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 українською та російською 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;
  - постановка завдання (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 ГОСТ 7.1:2006 «Бібліографічний запис. Бібліографічний опис. Загальні вимоги та правила складання (ГОСТ 7.1-2003)». 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.