



---

---

**2014**

---

# НАУКОВІ ПРАЦІ

## НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

**Том 20    № 5**

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

**КИЇВ ✧ НУХТ ✧ 2014**

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 NUFT" 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 NUFT" is indexed by the following scientometric databases:

- Index Copernicus
- 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 #2 of September 03, 2014*

© NUFT, 2014

У журналі опубліковано 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 НУХТ» 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 НУХТ» індексується наукометричними базами:

- Index Copernicus
- 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 № 2 від 03 вересня 2014 року

© НУХТ, 2014

## Редакційна колегія

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

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

## Члени редакційної колегії:

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

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

## ЗМІСТ

### Автоматизація

Грищенко А.П., Трегуб В.Г. Алгоритм і програма вибору програмно-технічного комплексу  
Пупена О.М., Сідлецький В.М. Керування технологічним процесом як складною багатозв'язною системою

### Біотехнологія і мікробіологія

Пирог Т.П., Шевчук Т.А., Берегова Х.А., Кудря Н.В. Особливості центрального метаболізму *Nocardia vaccinii* IMV B-7405 — продуцента поверхнево-активних речовин  
Даниленко С.Г. Скринінг молочнокислих мікроорганізмів за нітритредукуючою активністю

### Екологія і охорона навколишнього середовища

Антонюк Н.О., Грищенко Н.А. Шляхи очищення доквілля від забруднення важкими металами

### Економіка і соціальний розвиток

Басюк Д.І. Науково-теоретичні основи формування туристичних дестинацій  
Лисенко Ж.П., Юрій Е.О., Корж Н.В. Ідентифікація ризиків у діяльності підприємств  
Коткова Н.С., Коваленко О.В., Печенога О.П. Сучасні тенденції розвитку хмелярства в Україні  
Спасенко Ю.О. Основні соціальні гарантії і стан заробітної плати в харчовій промисловості України  
Момот Л.В. Розвиток фрайчайзингу в Україні  
Мостенська Т.Г. Фізична достатність харчових продуктів як чинник забезпечення продовольчої безпеки

### Менеджмент і стратегічне управління

Тіхонова Н.О., Межинська-Бруй О.Ю. Органічна продукція: переваги і недоліки  
М'якишило О.М., Харкянен О.В. Дослідження і розробка методів управління ризиками в діяльності харчового підприємства  
Грищенко Д.Г. Формування системи маркетингу людських ресурсів за допомогою використання інноваційних методів управління персоналом підприємств

### Охорона праці і цивільний захист

Рябоконт Н.В., Слободян О.П., Заєць В.А., Пухляк А.Г. Заходи щодо запобігання аварійній ситуації на молокопереробному підприємстві

**Процеси і апарати харчових виробництв**  
Зав'ялов В.Л., Мисюра Т.Г., Бодров В.С., Попова Н.В., Запорожець Ю.В., Деканський В.Є. Дослідження енергетичних показників процесу періодичного віброекстрагування

## CONTENTS

### Automation

Hryshchenko A., Tregub V. Algorithm and selection program of hardware and software complex  
Pupena O., Sidletsky V. Control of technological processes as a complex system

### Biotechnology and Microbiology

Pirog T., Shevchuk T., Bereгова K., Kudrya N. Peculiarities of central metabolism in *Nocardia vaccinii* IMV B-7405 as a producer of biosurfactants  
Danylenko S. Screening of lactic acid microorganisms for determining the nitrite reducing activity

### Ecology and Environment

Antonyuk N., Hryzenko N. Ways of cleaning the environment from heavy metal pollution

### Enterprise Economy and Social Development

Basyuk D. Theoretical foundations for tourist destinations forming  
Lysenko J., Yuriy E. Korzh N. Risks identification in the enterprise  
Kotkova N., Kovalenko O., Pechenoha O. Modern trends of hop growing in Ukraine  
Spasenko Yu. Major social guarantees and state of wages in Ukrainian food industry

### Management and Strategic Management

Momot L. Development of franchising in Ukraine  
Mostenska T. Physical sufficiency of food products as a guaranteeing factor of food security  
Tikhonova N., Mezhinska-Bruy O. Organic products: advantages and disadvantages  
Myakshylo A., Kharkyanen A. Research and development of risk management techniques in food enterprise  
Gryshchenko D. Modelling the HR marketing system by using the innovative methods of HR management at the enterprises

### Occupational Health and Civil Protection

Riabokon N., Slobodjan O., Zaec V., Pukljak A. Measures to prevent emergency situation at dairy plant

### Processes and Equipment for Food Industries

Zavialov V., Misyura T., Bodrov V., Popova N., Zaporozhets J., Dekanskiy V. Study of energy indicators of periodic vibro-extraction

- Погорілий Т.М.* Об'ємна геометрична модель кристалів цукру в системі комірок: кристали цукру-міжкристальні розчини сахарози-парова бульбашка
- Котиленко А.В., Гондях О.В., Тимонін А.Н., Онопрієнко В.Й., Нікітін Р.С.* Система безперервної інформаційної підтримки обладнання харчової і хімічної промисловості
- Белінська К.О., Шутюк В.В., Фалендиш Н.О.* Сучасний стан наукових досліджень у сушінні молока розпилом і використання нетрадиційної сировини
- Світлик А.М., Прохоров О.М.* Математичне моделювання процесу розчинення діоксиду вуглецю у рідині, що рухається в капілярі
- Тепло- і енергопостачання**
- Мазуренко О.О., Самсонов В.В.* Технічна діагностика багатоканальної системи контролю теплового стану турбогенератора
- Харчова хімія**
- Іванов С.В., Грек О.В., Красуля О.О.* Визначення стану вологи методом ІЧ-спектроскопії в білково-рослинних сумішах
- Зайцева Г.М., Рева Т.Д., Калібабчук В.О., Гождзінський С.М., Третевич О.Ю.* Сорбційно-фотометричне визначення іонів плюмбу в біологічних рідинах
- Бондарєва В.Й., Манк В.В., Мірошников О.М.* Визначення фосфоліпідів і білка в ліпідному екстракті, отриманому зі спиртового розчину фолікулярних яєць курей
- Харчові технології**
- Фролова Н.Е., Колядич О.П.* Дослідження характеристик оптичних ізомерів (енантіомерів) Carvone після виділення з ефірних олій
- Маринченко В.О., Маринченко Л.В., Філь О.В.* Очищення водно-спиртових розчинів від вищих спиртів мінеральними адсорбентами
- Осейко М.І., Голодна О.В.* Нанотехнології: гідровані жири для кондитерських композицій
- Шаповаленко О.І., Євтушенко О.О., Тертишина Ю.П.* Збагачення круп'яних сумішей кремнієм
- Хімічні науки**
- Войтенко Т.А., Неділько С.А., Ащувєв А.А., Головченко О.І.* Оптимізація умов синтезу високотемпературної надпровідної кераміки складу Pb-1212
- Дзязко О.Г., Кипоренко О.Я., Сокольський Г.В., Сокольський Т.Г., Куцев О.В.* Фізико-хімічні властивості кристалів заміщених оксалатів  $\text{Ca}_{1-x}\text{R}_x\text{C}_2\text{O}_4\cdot\text{H}_2\text{O}$  (R—Eu, Sm, Ho, Pr, Nd), вирощених у силікатному гелі
- 141 *Pogoriliy T.* Volume geometric model of sugar crystals in a cell system: sugar crystals - intercrystalline solutions of sucrose - steam bubble
- 152 *Kopylenko A., Gondlyach O., Timonin A., Onopriyenko V., Nikitin P.* Information system of continuous support for equipment of food and chemical industries
- 161 *Belinska K., Shutyuk V., Falendysh N.* Current state of research in milk spray-drying and the use of unconventional materials
- 170 *Svityk A., Prokhorov A.* Mathematical modeling of dissolution process of carbon dioxide in liquid moving in a capillary
- Heat and Electricity**
- 175 *Mazurenko O., Samsonov V.* Technical diagnostics of turbogenerator thermal monitoring multi-channel system
- Food Chemistry**
- 185 *Ivanov S., Grek O., Krasulia O.* IR-spectroscopy as an effective method of determining the moisture status in protein-vegetative mixtures
- 193 *Zaitseva G., Reva T., Kalibabchuk V., Gojdzinsky S., Tretevykh O.* Sorption-photometric determination of lead ions in biologic fluid
- 199 *Bondareva V., Mank V., Miroshnikov A.* Determination of phospholipids and protein content in lipid extract obtained from the alcohol solution of follicular hen eggs
- Food Technology**
- 205 *Frolova N., Koliadych O.* Study of characteristics of Carvone optical isomers (enantiomers) extracted from essential oils
- 214 *Marynchenko V., Marynchenko L. Fil O.* Aqueous-alcoholic solutions purification of higher alcohols using mineral adsorbents
- 220 *Osejko N., Golodna E.* Nanotechnologies: hydrogenized fats for confectionery compositions
- 227 *Shapovalenko O., Yevtushenko O., Tertyshna J.* Enriching cereal mixtures by silicon
- Chemical Sciences**
- 233 *Voitenko T., Nedilko S., Ashuev A., Golovchenko O.* Optimization of synthesis conditions of Pb-1212 high-temperature superconducting ceramic
- 239 *Dzyazko O., Kyporenko O., Sokolsky G., Sokolsky T., Kushev A.* Physico-chemical properties of crystals of substituted oxalates  $\text{Ca}_{1-x}\text{R}_x\text{C}_2\text{O}_4\cdot\text{H}_2\text{O}$  (R — Eu, Sm, Ho, Pr, Nd) grown in silica gel

## НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ: ВИТОКИ І СЬОГОДЕННЯ

У 2014 р. виповнюється 130 років із часу заснування Національного університету харчових технологій — одного з найстаріших навчальних закладів нашої країни, що готує фахівців для всіх галузей харчової і переробної промисловості. Національний університет харчових технологій розпочинає свою історію з другої половини XIX століття, коли за ініціативи голови Київського відділення Російського Імператорського технічного товариства проф. М.А. Бунге 17 серпня 1884 року відбулося відкриття у м. Сміла дворічних технічних класів. Почесним Попечителем цих класів став, за особистої згоди імператора Олександра III, граф Володимир Олексійович Бобринський, який значною мірою профінансував їх відкриття. Так був започаткований перший в історії Російської імперії технічний навчальний заклад для підготовки техніків-хіміків і майстрів цукрового виробництва.

Смілянські технічні класи стали зразком організації навчального процесу. Так, на першій Всеросійській гігієнічній виставці у Санкт-Петербурзі в 1893 р. навчальний заклад графів Бобринських отримав Золоту медаль, на XVI Всеросійській промисловій і художній виставці 1896 р. в Нижньому Новгороді Смілянські технічні класи були нагороджені дипломом I розряду, а на Київській сільськогосподарській виставці 1897 р. — презентували власну виставку-вітрину. З 1903 р. навчання в Технічних класах тривало 3 роки. За перші 30 років існування Смілянських технічних класів навчання в них успішно закінчив 421 учень із 588.

Навесні 1917 р. Смілянські технічні класи рішенням Міністерства народної освіти Тимчасового уряду отримали статус середнього хіміко-технічного училища з чотирирічним терміном навчання. З початком нової економічної політики (1921 р.) училище було реорганізоване в технікум цукрової промисловості, а наступного року при ньому була відкрита професійна школа. Навчання відбувалося на трьох відділеннях: хімічному, механічному й агрономічному (82, 60 і 57 студентів відповідно).

Враховуючи високий рівень підготовки спеціалістів й активну наукову діяльність колективу, рішенням Колегії Народного комісаріату освіти УРСР від 28 листопада 1929 року навчальний заклад був перетворений на Смілянський цукровий інститут. Випуск фахівців у 1929 р. склав 65 інженерів, в т.ч. 36 технологів і 29 механіків. У цьому році в інституті навчалось 164 студенти на хімічному факультеті та 155 — на механічному. У 1930 р. свідцтва випускників 1923—1928 рр. були замінені на дипломи Смілянського цукрового інституту.

Рубіж 1920—1930 рр. відзначився кардинальними перетвореннями в народному господарстві, створенням нових і реконструкцією існуючих галузей промисловості. Гостро постала проблема браку інженерних кадрів. Органами союзного керівництва приймається рішення про створення в республіках СРСР вищих навчальних закладів із чітко визначеною спеціалізацією з різних галузей промисловості й трирічним терміном навчання.

На виконання цих рішень у червні 1930 р. уряд УРСР затвердив поданий державною комісією проект реформування вищої освіти в республіці, що передбачав створення і підпорядкування вищих закладів освіти відповідним галузевим наркоматам. Відповідно до цієї реформи, на базі Смілянського інституту цукрової промисловості й цукрового факультету Кам'янець-Подільського хіміко-технологічного інституту було створено Київський інститут цукрової промисловості (КІЦП) з трьома факультетами: цукровим, хімічним і механічним з підпорядкуванням його главку Союзцукру Наркомату торгівлі СРСР (наказ РНК УРСР від 12.06.1930). Переїзд до Києва Смілянського цукрового інституту планувалось провести після побудови Союзцукром відповідного приміщення. Протягом певного часу, до створення власної навчально-лабораторної бази, інститут функціонував у вигляді двох окремих філій: у м. Сміла і при хімічному факультеті Київського політехнічного інституту. У 1930 р., після входження до складу КІЦП кафедр цукрового виробництва Харківського та Ленінградського технологічних інститутів, навчальний заклад перейменовано у Київський технологічний інститут цукрової промисловості (КТЦП). У 1931 р. інститутом було випущено 147 інженерів, в т.ч. 74 інженери-технологи, 45 інженерів-механіків і 26 інженерів-економістів.

Створений у 1930 р. на базі харчової спеціальності хімічного факультету КПІ і Кам'янець-Подільського хімічного інституту Київський інститут харчової промисловості (КІХП) у складі чотирьох факультетів: народного харчування, м'ясно-переробного, плодоовочевого та ферментативного, був приєднаний до КТЦП у 1931 році.

За підсумками 1932/1933 навчального року за успіхи в І Всесоюзному змаганні інститут отримав першу премію і був нагороджений почесною грамотою.

У 1933 р. до складу КТІЩ увійшли Київський хіміко-технологічний інститут кондитерської промисловості, Київський спиртобродильний і ферментативний інститути, а також механічний факультет Воронежського хіміко-технологічного інституту харчової промисловості, факультет механізації сільського господарства Білоцерківського сільськогосподарського інституту та механічний факультет Полтавського інституту технології м'яса. Змінилася знову і назва інституту: він став Київським хіміко-технологічним інститутом харчової промисловості (КХТІХП) з трьома факультетами: механічним, хіміко-технологічним та економічним. Загалом на I курс у 1933 р. було зараховано 298 студентів.

Під час II Всесоюзного змагання інститут також отримав першу премію і був нагороджений почесною грамотою. Комітет змагань відмітив, що Київський хіміко-технологічний інститут харчової промисловості зумів серед десяти кращих вищих навчальних закладів Радянського Союзу силами студентів і викладачів досягти найбільших успіхів у 1933/1934 навчальному році і може бути для всіх навчальних закладів СРСР прикладом дружньої й злагодженої роботи у боротьбі за підвищення якості підготовки фахівців.

В інституті працювали відомі вчені — академіки Михайло Пилипович Кравчук, Микола Миколайович Боголюбов, Михайло Васильович Птуха, доктор наук Георгій Георгійович Де-Метц, професори Іван Антонович Кухаренко, Володимир Іванович Можар, Павло Васильович Головін, Марк Ілліч Нахманович, Кондак Михайло Андріанович, Михайло Олександрович Кічігін, Арон Абрамович Фукс, Олександр Олексійович Кіров та інші.

У 1935 р. в інституті навчалось 1560 студентів, працювало 139 співробітників професорсько-викладацького складу. Навчання проводилось у 147 аудиторіях, 12 лабораторіях і 8 навчально-допоміжних кабінетах. Бібліотека інституту нараховувала 55000 книжок. На I олімпіаді самодіяльного мистецтва серед ВНЗ м. Києва інститут посів перше місце і був нагороджений перехідним призом. Якщо у 1930 р. в інституті навчалось 450 студентів, у 1931 р. — 824, то у 1937—1938 рр. — майже 2 тисячі. За п'ять років (1932—1937 рр.) дипломи про закінчення інституту отримали 1200 інженерів-технологів, економістів і механіків для харчової промисловості. У 1938 р. навчальний заклад було перейменовано на Київський технологічний інститут харчової промисловості ім. А.І. Мікояна (КТІХП).

Постановою Раднаркому СРСР від 13 січня 1934 року «Про встановлення для працівників науки наукових ступенів і звань» інститут одержав право надавати науковий ступінь кандидата наук і приймати до захисту докторські дисертації. Наступною постановою Раднаркому СРСР від 20.03.1937 «Про вчені ступені та звання» остаточно було врегульовано питання надання права навчальним закладам і науководослідним установам приймати до захисту наукові роботи. Згідно з цією постановою, право присуджувати наукові ступені по Наркомхарчопрому СРСР мав лише один ВНЗ — КТІХП. Також КТІХП отримав право присуджувати вчені ступені доктора і кандидата технічних наук з таких спеціальностей: «Технологія вуглеводів», «Технологія харчових продуктів», «Машини, апарати та устаткування харчового виробництва». Всесоюзний комітет у справах вищої школи 20 жовтня 1938 року затвердив перелік дисциплін, в якому за інститутом закріплювалося право на присудження наукових ступенів ще з двох спеціальностей: «Теплотехніка» і «Технічна мікробіологія». Перший захист кандидатської дисертації відбувся 22 листопада 1935 року, а всього за 5 років (до 1940 р.) наукові ступені і звання були присуджені більш як 80 науково-педагогічним працівникам інституту.

У 1938/1939 навчальному році Київський технологічний інститут харчової промисловості було занесено до Книги кращих вищих навчальних закладів республіки, а в лютому 1941 р. визнано кращим навчальним закладом серед ВНЗ Наркомату харчової промисловості СРСР.

У середині XX ст. КТІХП стає найбільшим вищим навчальним закладом України з підготовки інженерних кадрів харчовиків для всього Радянського Союзу і набуває всесоюзного значення. Фактично було відновлено матеріальну базу інституту, введено в експлуатацію новий навчальний корпус, студентський гуртожиток на 800 осіб, заселено два житлових будинки для викладачів.

В інституті діяло 22 кафедри, штатний професорсько-викладацький склад яких налічував 155 осіб, у тому числі дев'ять професорів і 65 доцентів. Навчалось тоді у КТІХП 1500 студентів денної, 600 заочної і 100 студентів вечірньої форм навчання.

У 1954 р. в інституті розпочато підготовку інженерів-промислоенергетиків, а в 1957 р. — фахівців з нової спеціальності «Автоматизація і комплексна механізація хіміко-технологічних процесів». У цей період значно розширилась навчально-виробнича база. У 1958 р. введено в експлуатацію другу чергу навчального корпусу, що сприяло збільшенню лекційно-аудиторного фонду, кількості лабораторій, розширенню площ кафедр технології металів, опору матеріалів,

теплотехніки, мікробіології, випускових кафедр. Крім того, відбудовано актову залу на 800 місць, клуб і спортивний комплекс площею 500 кв. м.

Наприкінці 50-х років XX ст. до складу інституту входили два факультети з денною формою навчання — механічний і технологічний, які готували інженерно-технічних працівників із шести спеціальностей, факультет заочного навчання та вечірнє відділення.

У 1963 р. зі складу механічного факультету було виділено факультет теплоенергетики і автоматизації харчових виробництв, на базі технологічного факультету створено факультети технології хлібопекарського, макаронного, кондитерського виробництв, технології бродильних виробництв і технології цукристих речовин. З 1965 р. у КТХП уперше розпочато підготовку інженерів-технологів зі спеціальностей «Технологія м'яса і м'ясопродуктів», «Технологія молока і молокопродуктів». У 1966 р. організовано факультет технології м'ясо-молочних виробництв.

На початку 70-х років XX ст. у структурі КТХП, відповідно до Статуту, функціонувало вісім факультетів: механічний, теплоенергетики і автоматизації харчових виробництв, технології цукристих виробництв, технології хлібопекарських виробництв, технології бродильних виробництв, технології та обладнання виробництв м'ясної і молочної промисловості, інженерно-економічний і загальнотехнічний. Факультети об'єднували 32 кафедри.

У КТХП з року в рік зростала кількість захищених кандидатських і докторських дисертацій. Так, у 1970 р. викладачі КТХП захистили шість докторських і 20 кандидатських дисертацій.

У 1977/1978 навчальному році КТХП став головним у проведенні республіканського конкурсу на кращу студентську наукову роботу в номінації «Харчова промисловість».

За заслуги в підготовці кваліфікованих спеціалістів для народного господарства і розвиток науки у 1980 р. КТХП нагороджено орденом Трудового Червоного Прапора.

Протягом 1981/1982 навчального року в республіканському турі олімпіади «Студент і науково-технічний прогрес» взяли участь 11 студентів КТХП, четверо з яких посіли призові місця. Один студент посів друге місце з економіки на Всесоюзній олімпіаді у Ташкенті.

У 1983 р. в КТХП працювало 537 викладачів, у тому числі 43 доктори наук, професори і 372 кандидати наук, доценти, в 1990 р. — 536 викладачів, з них 45 професорів і 390 доцентів. При цьому 72 % професорсько-педагогічного складу мали вчені ступені та звання. За цим показником інститут посідав перше місце в Україні серед вищих навчальних закладів відповідного профілю.

У 1993 р. за результатами державної акредитації КТХП надано статус університету та переіменовано в Український державний університет харчових технологій. У період з 1991 р. по 2000 р. в університеті відкрита підготовка з 16 нових спеціальностей.

У 2002 р., враховуючи загальнодержавне і міжнародне визнання результатів діяльності університету, його вагомий внесок у розвиток національної освіти і науки, Указом Президента України від 19 березня університетові був наданий статус національного. Відтоді він має назву Національний університет харчових технологій.

Підтвердженням високих наукових досягнень стало присудження 43 співробітникам університету Державних премій. Так, Микола Миколайович Боголюбов лауреат чотирьох премій, Всеволод Миколайович Стабніков, Володимир Дмитрович Попов, Євген Іванович Квасніков, Іван Степанович Гулий — двічі лауреати. В різні роки закінчили навчання в університеті Голова Президії Верховної Ради СРСР (Микола Вікторович Підгорний, двічі Герой Соціалістичної Праці), Міністр харчової промисловості СРСР (Іван Кузьмич Сиволап), чотири міністри харчової промисловості УРСР (Микола Михайлович Санов, Ігор Дмитрович Степаненко, Микола Федорович Кулініч, Григорій Дмитрович Загородній), три Герої Радянського Союзу (Іван Федорович Жужукін, Валентин Миколайович Зінченко, Єфим Андрійович Воїншин), два Герої України (Тетяна Іванівна Молчанова, Юрій Анатолійович Косяк), три народні депутати України (Віталій Іванович Луценко, Микола Герасимович Кучерук, Олександр В'ячеславович Слободян).

Історія університету — яскраве відображення економічного розвитку країни, її науково-технічного прогресу, суспільно-політичного й культурного життя. Зберігаючи та розвиваючи позитивний досвід вітчизняної освіти, запроваджуючи найкращі світові стандарти підготовки фахівців, університет впевненою ходою крокує в майбутнє.

Головний редактор журналу,  
доктор хімічних наук, професор С.В. Іванов

УДК 681.52

## ALGORITHM AND SELECTION PROGRAM OF HARDWARE AND SOFTWARE COMPLEX

A. Hryshchenko, V. Tregub

*National University of Food Technologies*

---

|                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Key words:</b><br><i>Software complex<br/>Procedure of choice<br/>Single-objective<br/>algorithms<br/>Multi-objective<br/>algorithms</i> | <b>ABSTRACT</b><br>Determining the best HSC from all available variants is a rather complicated task because all properties of an object must be taken into account; the requirements to the control system must be considered; some reasonable compromise between various conflicting criteria (power, reliability, openness, cost, etc.) must be found. Therefore, it is important to consider the distinctive properties of HSC, allowing potential users to understand the differences between the complexes, to link the specific object properties and requirements of its automation features and settings of specific HSC. All these characteristics are interconnected. These problems can be solved using single- and multi-objective optimization algorithms. |
| <b>Article history:</b><br>Received 28.07.2014<br>Received in revised form 12.08.2014<br>Accepted 25.08.2014                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| <b>Corresponding author:</b><br>A. Hryshchenko<br><b>E-mail:</b><br>npnuht@ukr.net                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |

---

## АЛГОРИТМ І ПРОГРАМА ВИБОРУ ПРОГРАМНО- ТЕХНІЧНОГО КОМПЛЕКСУ

А.П. Грищенко, В.Г. Трегуб

*Національний університет харчових технологій*

*Визначити найкращий ПТК з усієї їх сукупності, наявної на сучасних ринках, досить складно, оскільки при цьому треба враховувати всі властивості об'єкта, який автоматизується, знаходити раціональний компроміс між різними суперечливими критеріями (потужністю, надійністю, відкритістю, вартістю тощо). Зважаючи на це, важливо розглянути ті властивості ПТК, які відрізняють їх при використанні, дозволяють потенційним користувачам краще зрозуміти різницю між окремими комплексами, поєднати конкретні властивості об'єкта й вимоги до системи його автоматизації з характеристиками і параметрами конкретних ПТК. Усі ці характеристики взаємопов'язані і зміна однієї призводить до зміни інших. Вирішення таких проблем можливе за допомогою однокритеріальних і багатокритеріальних оптимізаційних алгоритмів.*

**Ключові слова:** програмно-технічний комплекс, процедура вибору, однокритеріальні алгоритми, багатокритеріальні алгоритми.

При виборі ПТК, як і при виборі інших програмно-технічних засобів, спочатку формують умови вибору (УВ), множину показників вибору (ПВ) і вибирають найкращий ПТК з допомогою одного з алгоритмів однокритеріального або багатокритеріального вибору [1].

До УВ відносяться такі властивості технологічних об'єктів управління (ТОУ): тип ТОУ, його потужність, розподіленість змінних, кількість подібних ТОУ в галузі; а також такі властивості комп'ютерно-інтегрованих систем управління (КІСУ): необхідні функції КІСУ (контроль, управління) та їх сполучення, необхідна кількість пультів оператора (ПО), основні функції обробки інформації. Приклад формування множини УВ для цукрового виробництва представлений у табл. 1.

*Таблиця 1. Множина умов вибору*

| <b>Характеристика властивостей ТОУ</b>                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Тип ТОУ                                                                                                                                | Неперервний                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Його потужність                                                                                                                        | 3 тис. тонн цукрових буряків на добу                                                                                                                                                                                                                              |
| Розподіленість змінних                                                                                                                 | Наявна                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Кількість подібних ТОУ в галузі                                                                                                        | Деякі десятки                                                                                                                                                                                                                                                     |
| <b>Характеристика властивостей КІСУ</b>                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Необхідні функції КІСУ                                                                                                                 | Контроль, управління, диспетчеризація, облік                                                                                                                                                                                                                      |
| Необхідна кількість пультів оператора (ПО)                                                                                             | 10 пультів оператора                                                                                                                                                                                                                                              |
| Основні функції обробки інформації                                                                                                     | Вимірювання значень технологічних параметрів; збирання, сортування та розподіл даних про стан об'єкта; функція технологічного діагностування: контроль змін технологічного стану, пошук місця цих змін, оцінка глибини (обсягу) змін стану об'єкта діагностування |
| Кількість величин, що вимірюються                                                                                                      | Деякі сотень дискретних і аналогових величин (змінних)                                                                                                                                                                                                            |
| Вимоги до динаміки оновлення інформації, обсягу архіву, форм дисплейних кадрів, зручності і повноти представлення інформації оператору | Оновлення інформації кожні 5 с та за зміною значення, час зберігання архівних даних основних ділянок 1 місяць, допоміжних — 2 тижні, використовується екранна мнемосхема (постійна, діалогова та спливаюча)                                                       |
| Вимоги до надійності отримання і представлення інформації оператору                                                                    | Представлення інформації в повному обсязі за вимогою оператора                                                                                                                                                                                                    |

Множина показників вибору п'яти відомих ПТК наведена в табл. 2.

*Таблиця 2. Множина показників вибору ПТК*

| Показники вибору                 | Програмно-технічні комплекси |           |          |          |            |
|----------------------------------|------------------------------|-----------|----------|----------|------------|
|                                  | DeltaV                       | Круг-2000 | Круїз    | Торнадо  | Advant OCS |
| <b>Структура системи</b>         |                              |           |          |          |            |
| Максимальна можлива кількість РС | до 60 РС                     | до 45 РС  | до 45 РС | до 40 РС | до 50 РС   |

| Показники вибору                                  | Програмно-технічні комплекси                                     |                                                           |                                          |                                          |                                          |
|---------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|------------------------------------------|------------------------------------------|------------------------------------------|
|                                                   | DeltaV                                                           | Круг-2000                                                 | Круїз                                    | Торнадо                                  | Advant OCS                               |
| Кількість ієрархічних рівнів РС                   | Чотири                                                           | три                                                       | три                                      | три                                      | чотири                                   |
| Кількість ієрархічних рівнів обчислювальних мереж | чотири                                                           | три                                                       | три                                      | три                                      | чотири                                   |
| <b>Стандартизація і відкритість</b>               |                                                                  |                                                           |                                          |                                          |                                          |
| Застосування ОС                                   | Windows NT                                                       | Windows NT4.0                                             | Windows NT                               | Windows NT                               | Windows NT                               |
| Застосування стандартних мереж на верхніх рівнях  | Ethernet                                                         | Ethernet та Fast Ethernet                                 | Ethernet                                 | Ethernet, CANbus                         | Ethernet                                 |
| Відкриті Scada-програми                           | Вбудоване ведення архіву Event Chronicle и Plant Event Historian | КРУГ-2000                                                 | Trace Mode                               | Citect                                   | DigiVis V6.2                             |
| <b>Характеристика контролерів</b>                 |                                                                  |                                                           |                                          |                                          |                                          |
| Контролер                                         | DeltaV                                                           | Trei-05B                                                  | micro-PC                                 | MIF                                      | AC 800F                                  |
| Максимальна кількість входів-виходів              | До 1536 сигналів на 1 контролер, на ПТК - до 30000               | На 1 контролер - від 1 до 576, на ПТК – до 30000 сигналів | До 600 дискретних та аналогових сигналів | 1000 дискретних, 500 аналогових сигналів | 230 аналогових і 420 дискретних сигналів |

На базі УВ формують множину показників вибору (ПВ) за такими групами: структура системи, стандартизація та відкритість, характеристика контролерів, характеристика блоків вводу-виводу даних, характеристика ПО, динамічні характеристики, надійність роботи тощо.

Серед сформованих ПВ виділимо три підмножини:

- функціональних ПВ, які визначають призначення ПТК, способи його застосування і виконувані функції. До даної підмножини належить структура системи, стандартизація та відкритість, характеристика ПЗ;

- обмежувальних ПВ, яка є числовою величиною. Сюди слід віднести характеристики контролерів: пам'ять, робоча частота, розрядність; динамічні характеристики. З допомогою функціональних та обмежувальних ПВ усіають множину альтернативних рішень вибору (АРВ), тобто ПТК.

- порівнювальних ПВ. До ПВ відносяться потужність, надійність, вартість, кількість входів-виходів. Дана підмножина формує комплексний показник якості ПТК, з допомогою якого і визначають найкращий ПТК при однокритеріальній багатопараметричній процедурі вибору.

Найпоширенішими процедурами вибору є однокритеріальні багатопараметричні та багатокритеріальні багатопараметричні алгоритми вибору, в яких для формування критерію вибору використовують кілька порівняльних ПВ. Для реалізації розроблених процедур вибору обрано середовище Turbo Pascal і систему підтримки прийняття рішень (СППР).

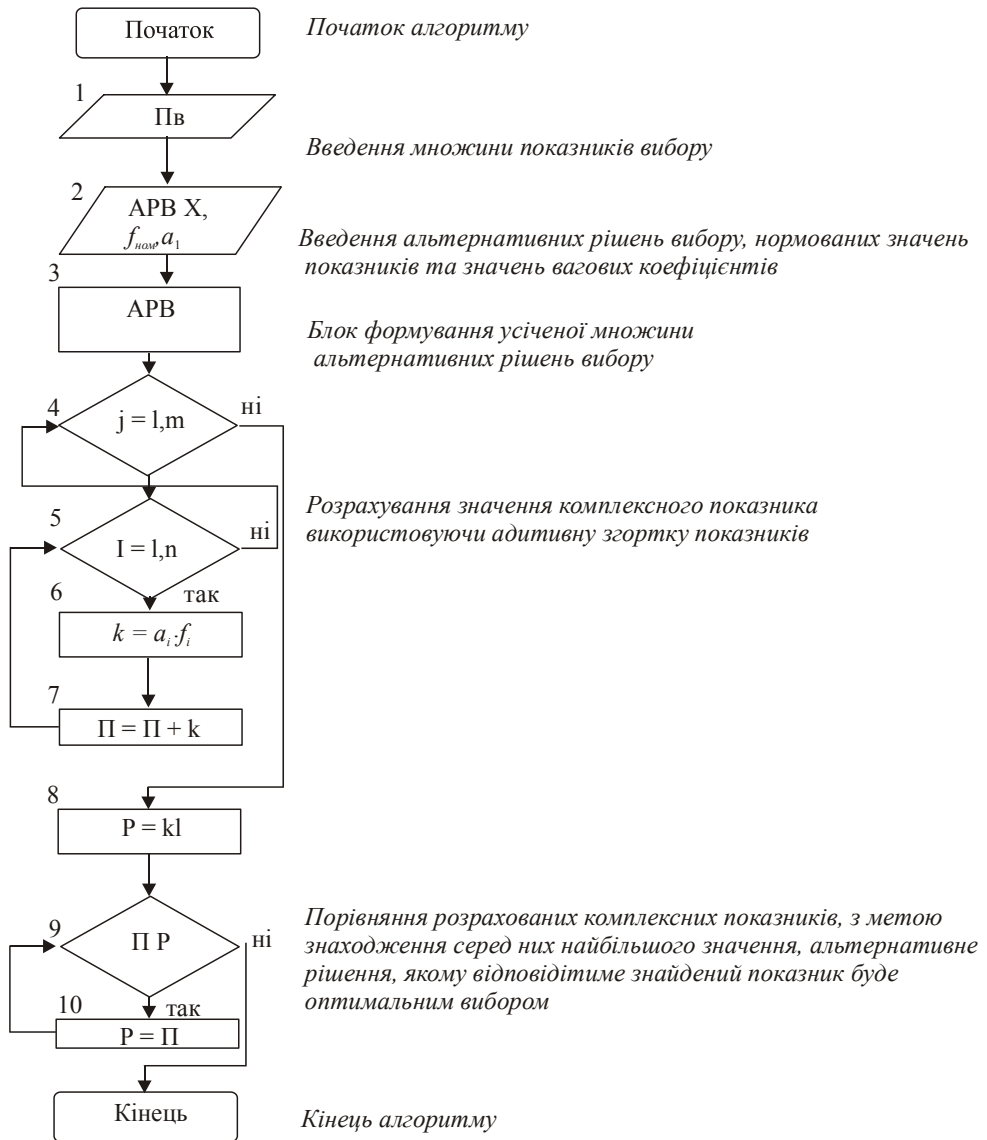


Рис.1. Алгоритм однокритеріальної процедури вибору

Перевагами мови Паскаль є:

1. Простий синтаксис мови, невелика кількість базових понять, програми на Паскалі легко читаються.
2. Досить низькі апаратні та системні вимоги як самого компілятора, так і програм, написаних на Паскалі.
3. Універсальність мови. Мова Паскаль застосована до розв'язання практично всіх задач програмування.
4. Підтримка структурного програмування, програмування “згори-вниз”, а також об'єктно-орієнтованого програмування.

На рис.1 представлений алгоритм однокритеріальної багатопараметричної процедури вибору, який включає в себе такі блоки:

1 блок — задається множина показників вибору ПТК, в якій виділяють три підмножини: підмножина функціональних, обмежувальних і порівнювальних ПВ;

2 блок — задається множина альтернативних рішень вибору (АРВ)  $X$ , тобто ПТК, вводяться нормовані значення показників  $f_{ном}$  та значення вагових коефіцієнтів  $\alpha_i$ ;

3 блок — з допомогою функціональних і обмежувальних ПВ відбувається формування усіченої множини альтернативних рішень вибору;

4 блок — початок циклу перебору альтернатив;

5 блок — початок циклу формування комплексного показника;

6 блок — обчислення добутку вагового коефіцієнта  $i$ -го показника на нормоване значення  $i$ -го показника першого АРВ;

7 блок — відбувається розрахунок суми добутків для першого АРВ, повернення циклу на блок 5, аналогічний розрахунок відбувається ще для всіх АРВ;

8 блок — відбувається присвоєння деякій величині  $P$  значення комплексного показника  $k_1$  для першого АРВ;

10 блок — визначаємо більше значення.

Для обґрунтування вибору основних показників альтернативних рішень вибору був проведений аналіз відомих на сучасному ринку ПТК у результаті чого були виявлені основні показники, які найбільш часто вживаються для опису їх характеристик. Як АРВ обрано п'ять програмно-технічних комплексів, що представлені на ринку: DeltaV, Круг-2000, Круїз, Торнадо, Advant OCS. Значення вагових коефіцієнтів ПВ і нормовані значення ПВ наведені в табл.3 та 4 відповідно. Вагові коефіцієнти були визначені експертами з урахуванням характеристик ПТК, наведених в табл.2, і вимог заводу.

*Таблиця 3. Значення вагових коефіцієнтів*

| Позначення ПТК           | DeltaV | Круг-2000 | Круїз | Торнадо | Advant OCS |
|--------------------------|--------|-----------|-------|---------|------------|
| Потужність               | 0,3    | 0,16      | 0,15  | 0,2     | 0,24       |
| Вартість                 | 0,02   | 0,38      | 0,4   | 0,47    | 0,09       |
| Надійність               | 0,1    | 0,1       | 0,14  | 0,08    | 0,12       |
| Кількість входів-виходів | 0,08   | 0,06      | 0,06  | 0,05    | 0,07       |
| Кількість РС             | 0,5    | 0,3       | 0,25  | 0,2     | 0,48       |

*Таблиця 4. Нормовані значення ПВ*

| Позначення ПТК           | DeltaV | Круг-2000 | Круїз | Торнадо | Advant OCS |
|--------------------------|--------|-----------|-------|---------|------------|
| Потужність               | 7      | 3,3       | 3     | 4       | 5          |
| Вартість                 | 0,5    | 3         | 2,7   | 3       | 0,6        |
| Надійність               | 1      | 0,8       | 0,7   | 0,6     | 0,9        |
| Кількість входів-виходів | 1,5    | 1,5       | 1     | 1,4     | 1,1        |
| Кількість РС             | 2      | 1,5       | 1,5   | 1,3     | 1,7        |

Комплексний показник якості ПТК визначався за формулою:

$$k = \sum a_i \cdot \eta_i \quad (1)$$

де  $i \in 1, n$ ;  $a_i$  — ваговий коефіцієнт  $i$ -го показника,  $\eta_i$  — нормоване значення  $i$ -го показника. Нормоване значення  $i$ -го показника розраховується за формулою:

$$\eta_i = \frac{x_{si}}{\chi_{sном}} \quad (2)$$

де  $\chi_{sном}$  — бажане значення для умов даної задачі;  $x_{si}$  — поточне значення.

Оскільки чим нижча вартість обраного ПТК, тим краще для заводу, то для розрахунку комплексного показника в табл. 4 наведені обернені нормовані значення вартості.

Для реалізації багатокритеріальної багатопараметричної процедури вибору використаємо систему підготовки прийняття рішень (СППР), яка є аналітичною системою, побудованою на методі аналізу ієрархій (МАІ) [2]. При цьому вибір ПТК виконується за таким алгоритмом.

На першому етапі будується ієрархічна система, що складається з трьох рівнів: мета, критерії й альтернативи, які повинні бути оцінені спочатку за критеріями другого рівня, а потім з точки зору загальної мети.

На другому етапі створюють матриці парних порівнянь для кожного рівня. Попарне порівняння всіх локальних критеріїв проводиться за допомогою шкали лінгвістичних оцінок. Правильність визначення значень локальних критеріїв перевіряється за допомогою індексу узгодженості матриці парних порівнянь. На основі індексу узгодженості розраховується показник відношення узгодженості.

Далі локальні пріоритети, починаючи з другого рівня, перемножуються на пріоритет відповідного критерію на вищому рівні і підсумовуються по кожному елементу, тобто розраховується глобальний критерій для кожного елемента ієрархії за адитивним принципом.

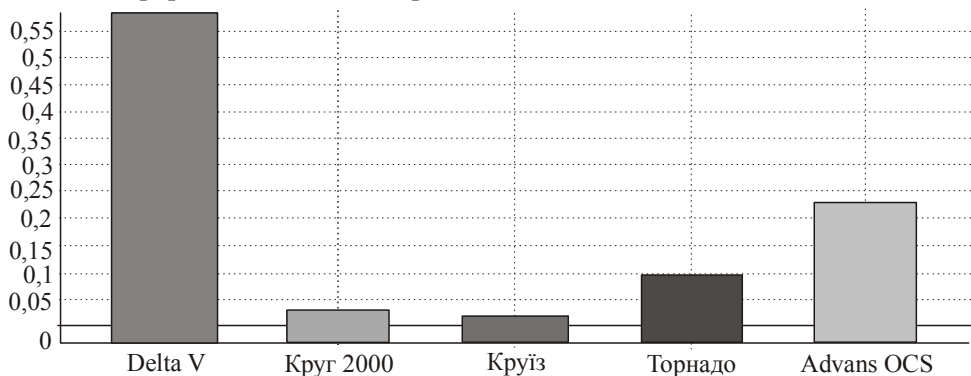


Рис. 2. Діаграма результатів вибору ПТК

Експериментальна перевірка запропонованих алгоритмів проводилась на задачі вибору ПТК для цукрового заводу потужністю 3000 т/буряку за добу.

При використанні першого алгоритму були отримані такі значення комплексного показника К:  $K1(\Delta V) = 3,892$ ;  $K2(\text{Круг-2000}) = 1,555$ ;  $K3(\text{Круїз}) = 1,212$ ;  $K4(\text{Торнадо}) = 1,664$ ;  $K5(\text{Advant OCS}) = 2,333$ . Отже, оскільки за розрахунками значення комплексного показника ПТК  $\Delta V$  є найбільшим, то даний ПТК є оптимальним рішенням вибору для даного об'єкта.

У результаті обчислень, проведених у блоці прийняття рішень СППР, були отримані результати, представлені на рис.2, що, практично, збігаються з розрахунками за першим алгоритмом.

### **Висновки**

Таким чином, збіжність результатів вибору ПТК за обома алгоритмами свідчать про ефективність їх застосування для розв'язання цієї задачі. Розроблені алгоритми і програми однокритеріального багатопараметричного та багатокритеріального вибору ПТК дають змогу формалізувати й ефективно розв'язувати цю складну задачу.

### **Література**

1. *Трегуб В.Г.* Проективання систем автоматизації: Курс лекцій для студентів спеціальності 7.092501 — «Автоматизоване управління технологічними процесами» заоч. форми навчання / В.Г. Трегуб — К.: НУХТ, 2007. — 42 с.
2. *Саати Т.* Принятие решений. Метод анализа иерархий / Т. Саати — М.: Радио и связь, 1993. — 278 с.

## **АЛГОРИТМ И ПРОГРАММА ВЫБОРА ПРОГРАММНО - ТЕХНИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА**

**А.П. Грищенко, В.Г. Трегуб**

*Национальный университет пищевых технологий*

*Определение наилучшего ПТК со всей их совокупности, имеющейся на современных рынках, далеко не однозначная и не простая задача, так как при этом надо учитывать все свойства объекта, который автоматизируется, находит рациональный компромисс между различными противоречивыми критериями (мощностью, надежностью, открытостью, стоимостью и др.). Ввиду этого важно рассмотреть те свойства ПТК, которые отличают их при использовании, позволяют потенциальным пользователям лучше понять разницу между отдельными комплексами, связать конкретные свойства объекта и требования к системе его автоматизации с характеристиками и параметрами конкретных ПТК. Все эти характеристики между собой связаны и изменение одной ведет к изменению других. Решение таких проблем возможно с помощью однокритериальных и многокритериальных оптимизационных алгоритмов.*

**Ключевые слова:** *программно-технический комплекс, процедура выбора, однокритериальные алгоритмы, многокритериальные алгоритмы.*

УДК 681.5

## CONTROL OF TECHNOLOGICAL PROCESSES AS A COMPLEX SYSTEM

O. Pupena, V. Sidletsky

*National university of Food Technologies*

---

**Key words:**

*Production rules*

*Knowledge base*

*Game theory*

*Method of dominant criteria*

---

---

**ABSTRACT**

The article describes an example of improving the existing automation system of a diffusion of sugar factory by supplementing it with a subsystem of decision support that helps an operator to assess the situation and take an appropriate action.

---

**Article history:**

Received 15.07.2014

Received in revised form

30.07.2014

Accepted 15.08.2014

---

**Corresponding author:**

O. Pupena

**E-mail:**

npnuht@ukr.net

---

## КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМ ПРОЦЕСОМ ЯК СКЛАДНОЮ БАГАТОЗВ'ЯЗНОЮ СИСТЕМОЮ

О.М. Пупена, В.М. Сідлецький

*Національний університет харчових технологій*

*У статті наведено приклад удосконалення існуючих систем автоматизації дифузійної станції цукрового заводу шляхом доповнення її підсистемою підтримки прийняття рішень, яка б допомагала оператору правильно оцінити ситуацію і прийняти відповідне рішення.*

**Ключові слова:** *правила продукції, база знань, теорія гри, метод домінуючих критеріїв.*

**Актуальність дослідження.** Вилучення цукру з бурякової стружки — один з основних процесів цукрового виробництва, який значною мірою впливає на собівартість продукції, витрати енергетичних ресурсів і втрати цукру. Незважаючи на досить просту технологічну схему, процес висолоджування являє собою складну систему, в якій відбуваються різноманітні фізичні, хімічні та біологічні процеси.

На більшості цукрових заводів керування дифузійною станцією відбувається із застосуванням системи автоматизації, яка побудована на базі сучасної мікропроцесорної техніки. За допомогою системи автоматизації підтримують регла-

ментовані значення технологічних параметрів (температуру, рівень, тиск, рН, витрати тощо). Незважаючи на досить високий технічний рівень засобів автоматизації та алгоритмів управління, існуючі системи автоматизації не завжди можуть адекватно реагувати на порушення технологічного режиму. Це можна пояснити тим, що поза увагою системи автоматизації залишається цілий ряд неконтрольованих параметрів, до яких можна віднести: показники якості сировини та стружки, процеси переміщення стружки в ошпарювачі і колоні, питоме завантаження апаратів тощо. Крім того, порушення технологічного режиму може відбуватись через вихід з ладу або погіршення робочих характеристик технічних засобів автоматизації, електроустаткування, механічного обладнання тощо, які не розпізнані системою управління або не помічені оператором.

Саме тому невід'ємною частиною в процесі управління дифузійною станцією є оператор, що втручається в роботу системи у разі порушень технологічного режиму, з якими не може впоратись автоматизована система управління. Ефективність прийнятих ним рішень залежить від його професіоналізму, вміння швидко виявити причину порушення і виробити адекватні дії оперативного реагування.

Враховуючи складність технологічного процесу сокодобування та сезонність роботи цукрового заводу, доцільно доповнити існуючі системи автоматизації підсистемою підтримки прийняття рішень, яка б допомагала оператору правильно оцінити ситуацію і прийняти відповідне рішення.

**Осковні результати досліджень.** Аналіз технологічної ділянки. Аналіз процесу екстрагування цукру з бурякової стружки складається з двох взаємопов'язаних стадій: молекулярної й конвективної дифузії, ефективність яких залежить від впливу ряду слабоформалізованих факторів. Це ускладнює створення й використання математичної моделі для опису цього процесу. В основі роботи дифузійних апаратів лежить принцип протипотокового виходжування, що може бути описаний рівнянням Фіка:

$$S = \frac{K_0 \cdot T_m}{\eta} \cdot F \cdot \frac{C - c}{r} \cdot Z.$$

Відповідно до рівняння Фіка, кількість екстрагованої речовини  $S$  пропорційна різниці концентрації соку всередині і поза стружкою  $(C - c)$ , часу дифузії  $Z$ , температурі екстрагування  $T_m$ , площі шару  $F$  і обернено товщині шару, тобто довжині шляху дифузії і в'язкості води під час екстрагування  $\eta$ .  $K_0$  — постійна, що не залежить від температури, проте залежить від розміру частинок.

Ефективність роботи дифузійної станції характеризується якісними показниками: концентрацією цукру в дифузійному соку та втратами цукру. При цьому необхідно забезпечувати задану продуктивність роботи станції, що є визначальною для нормального функціонування заводу в цілому.

Технологічна схема дифузійної станції є складною системою, в якій відбуваються різноманітні масообмінні, теплообмінні та фізико-хімічні процеси, на які впливає багато взаємопов'язаних факторів. Значна кількість цих параметрів є слабоформалізованими та зв'язаними (рис. 1).

Серед факторів, що впливають на процес висолоджування, на особливу увагу заслуговують якісні показники стружки, а також зміна її стану в процесі переробки. Наприклад, порушення температурного режиму на стадії ошпарювання може призвести до незворотних змін у стружці, що може кардинально змінити процес висолоджування. Це пояснюється тим, що змінення стану стружки суттєво впливає не тільки на процеси молекулярної та конвективної дифузії, а й на процеси переміщення стружки в апаратах, що, у свою чергу, супроводжується зміною часу перебування стружки в апараті, умов висолоджування і, як наслідок, зміною якісних показників процесу висолоджування. На жаль, не існує об'єктивних інструментальних методів оцінки якості стружки і змін її стану, тому визначити фактори, від яких залежать ці зміни, досить складно.

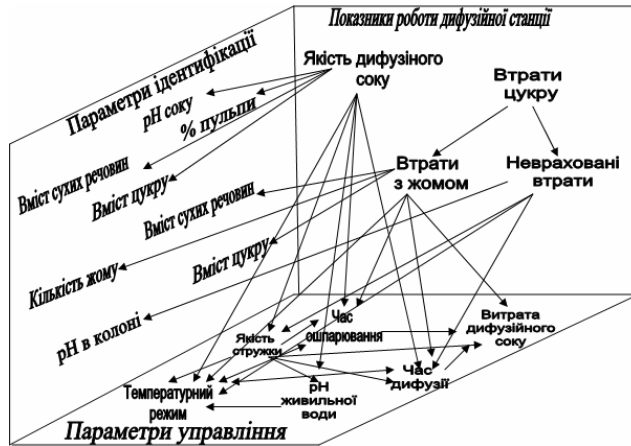


Рис. 1. Зв'язність параметрів

Проведений аналіз показує, що існуючі системи автоматизації не можуть адекватно реагувати на зміни технологічного режиму. Саме тому, незважаючи на високий технічний рівень, сучасні системи автоматизації дифузійною станцією будуються за принципом супервізорного управління. У таких системах важлива роль відводиться оператору-технологу, що повинен оперативно втрутитись у процес управління у разі відхилень технологічного процесу від нормального режиму, з якими не може впоратись система автоматизації. Від рівня його професійності залежить ефективність прийнятих рішень і якість роботи дифузійного відділення.

Аналізуючи особливості технологічного процесу дифузійної станції та беручи до уваги завдання, які повинен виконувати оператор у разі втручання в роботу системи управління, враховуючи рівень його відповідальності за прийняте рішення, а також сезонний характер роботи цукрового заводу, доцільно вдосконалити існуючі системи управління шляхом включення до її складу підсистеми підтримки прийняття рішень (ПППР), яка дозволить надати оперативному персоналу рекомендації щодо коригування технологічного процесу з метою:

- зменшення впливу стану стружки на процес,

- досягнення заданих показників якості роботи відділення.

Розробка модуля коригування стану сировини. При коригуванні стану сировини особливу увагу необхідно приділити вибору продуктивності дифузійної станції, оскільки цей параметр тісно пов'язаний з втратами цукру як у процесі зберігання, так і переробки. Втрати цукру під час зберігання залежать в основному від термінів зберігання сировини, а терміни зберігання — від швидкості її переробки. Зменшити втрати цукру в процесі зберігання можна також за рахунок упорядкування передачі буряка на переробку. У процесі зберігання буряка відбуваються не тільки прямі втрати цукру, а також змінюються його якісні показники, що впливають на технологічний режим переробки і можуть викликати необхідність коригування продуктивності.

У процесі надходження буряка на цукровий завод сировинна лабораторія розподіляє його за показниками якості і керує процесом закладки на зберігання у різні кагати. Подавати буряк на переробку можна з будь-якого кагату в будь-якій послідовності. Постає завдання пошуку алгоритмів керування процесом подачі буряка на переробку з метою мінімізації втрат цукру під час зберігання, яку можна визначити у вигляді вирішення транспортної задачі:

| Доба переробки  | $D_1$    | $D_2$    | ... | $D_n$    | $D_j$                  |
|-----------------|----------|----------|-----|----------|------------------------|
| Партія сировини | $a_i$    |          |     |          |                        |
| $A_1$           | $C_{11}$ | $C_{21}$ | ... | $C_{1n}$ | $a_1$                  |
| $A_2$           | $C_{12}$ | $C_{22}$ | ... | $C_{2n}$ | $a_2$                  |
| ...             | ...      | ...      | ... | ...      | ...                    |
| $A_m$           | $C_{1m}$ | $C_{2m}$ | ... | $C_{nm}$ | $a_m$                  |
| $A_i$           | $d_1$    | $d_2$    | ... | $d_n$    | Сировини на зберіганні |
| $d_j$           |          |          |     |          | Сировини перероблено   |

де  $C_{ij}$  ( $i=1, \dots, m; j=1, \dots, n$ ) — середньодобові втрати цукру під час зберігання сировини у кагаті  $A_i$  за добу  $D_i$ .

Пошук покращеного плану переробки проводиться з використанням методів мінімального елемента та потенціалів, що є модифікацією симплекс-методу лінійного програмування стосовно рішення транспортних задач.

Використання методики транспортних задач дає змогу коригувати як втрати, так і показники якості перероблюваної сировини. Це дозволяє забезпечити ритмічність роботи дифузійної станції.

У процесі прийняття рішення щодо зміни продуктивності дифузійної станції виникають певні суперечності. Збільшення продуктивності зменшує втрати під час зберігання, але може призвести до збільшення втрат цукру з жомом. І навпаки, зміна показників стану сировини призводить до погіршення показників якості станції і може вимагати зміни продуктивності. Отже, вибір алгоритмів управління продуктивністю є важливим завданням.

Керувати продуктивністю дифузійної станції можна двома шляхами:

- зміною напруги на двигунах турбовалу апарата, що супроводжується зміною швидкості проходження стружки через апарат;
- зміною довжини стружки, що приводить до необхідності зміни часу перебування стружки в апараті.

Приймаючи, що кожному значенню напруги на двигунах апарата  $v$  і довжині стружки  $d$  буде відповідати продуктивність  $A$  і втрати цукру  $B$ , необхідно знайти ситуацію, в якій продуктивність буде максимальною, а втрати — мінімальними:

$$\begin{cases} A = f_1(v, d) \\ B = f_2(v, d) \end{cases} A \rightarrow \max, B \rightarrow \min.$$

Вирішення задачі розрахунку заданої продуктивності дифузійної станції та втрат цукру у процесі зберігання проводилося з використання теорії гри, при цьому умову розглядали як неантагоністичну біматричну гру  $G$ , в якій дві сторони:

$$G = (X_{11}, X_{12}, H_{11}, H_{12}).$$

Перша сторона зацікавлена у збільшенні продуктивності під час переробки, для якої множиною стратегій є зміна напруги на двигунах колони  $X_1 = \{v_1, v_2, \dots, v_m\}$ , друга — у зменшенні втрат під час переробки, для якого множиною стратегій є зміна довжини стружки  $X_2 = \{d_1, d_2, \dots, d_n\}$ . Функція виграшу для сторін буде  $H_1 = P(v, d)$  і  $H_2 = C_2(v, d)$  відповідно для продуктивності та втрат цукру під час переробки. Тоді таблиці значень втрат цукру в процесі переробки й продуктивність переробки залежно від напруги та довжини стружки набудуть вигляду матриць гри  $G$ :

$$H_1 = \begin{matrix} & \begin{matrix} |d_1 & \dots & d_i & \dots & d_n| \end{matrix} \\ \begin{matrix} v_1 \\ \dots \\ v_j \\ \dots \\ v_m \end{matrix} & \begin{bmatrix} a_{11} & \dots & a_{i1} & \dots & a_{n1} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{1j} & \dots & a_{ij} & \dots & a_{nj} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{1m} & \dots & a_{im} & \dots & a_{nm} \end{bmatrix} \end{matrix} \quad H_2 = \begin{matrix} & \begin{matrix} |d_1 & \dots & d_i & \dots & d_n| \end{matrix} \\ \begin{matrix} v_1 \\ \dots \\ v_j \\ \dots \\ v_m \end{matrix} & \begin{bmatrix} \beta_{11} & \dots & \beta_{i1} & \dots & \beta_{n1} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \beta_{1j} & \dots & \beta_{ij} & \dots & \beta_{nj} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \beta_{1m} & \dots & \beta_{im} & \dots & \beta_{nm} \end{bmatrix} \end{matrix}.$$

Для гри  $G$  ситуацією рівноваги будуть такі значення  $v$  та  $d$ , для яких виконається умова:

$$G = (v, d) \rightarrow \left\{ (v^*, d^*) \left| \begin{aligned} H_1(v, d^*) &= \max_{X_{11}} H_1(v, d)^* \\ H_2(v^*, d) &= \min_{X_{12}} H_2(v^*, d) \end{aligned} \right. \right.$$

Розробка модуля досягнення заданих показників якості роботи відділення.

Для визначення вимог до показників якості процесу було виділено параметри (цілі), що найбільше впливають на показники роботи дифузійної станції: втрати цукру з жомом  $D_{11}$ , невраховані втрати  $D_{12}$  та якість дифузійного соку  $D_2$ . Для кожної мети експерти виділили множину параметрів, що впливають на досягнення бажаних значень.

Так, для втрат цукру з жомом обрані параметри, за допомогою яких ці втрати можна коригувати: відбір дифузійного соку  $F_{oc}$ , якість стружки  $W$ , час дифузії  $H_2$  і ошпарювання  $H_1$ , а також температурний режим  $T$ :

$$D_{11} = f_{D_{11}}(F_{oc}, W, H_1, H_2, T).$$

Невраховані втрати цукру можна коригувати зміною параметрів: значення рН у колоні  $P$ , часу дифузії  $H_2$  і температурного режиму  $T$ :

$$D_{12} = f_{D_{12}}(P, H_2, T).$$

У свою чергу, якісні показники дифузійного соку можна коригувати: відбором дифузійного соку  $F$ , температурним режимом  $T$  та часом дифузії  $H_2$ :

$$D_2 = f_{D_2}(F, H_2, T).$$

Враховуючи важливість підтримання заданої продуктивності станції, визначені вимоги до забезпечення режимів заповнення апаратів стружкою  $D_3$  та її переміщення  $D_4$ .

Так, для коригування завантаження стружкою апаратів необхідно змінювати: частоту обертання шнеків  $V$ , витрату стружки  $F_{st}$ , та рівень в апараті  $L$ :

$$D_3 = f_{d_3}(V, L, F_{st}).$$

У свою чергу переміщення стружки  $D_4$  буде залежати від температурного режиму  $T$ , значення рН в апараті  $P$ , якості стружки  $W$  та питомого завантаження апарата  $D_3$ :

$$D_4 = f_{d_4}(T, P, W, D_3).$$

Для вказаних залежностей характерне використання невимірюваних параметрів: переміщення стружки, стан жому; тому для розрахунків був використаний алгоритм нечіткого виведення Мамдані, що дозволило отримати, з розрахованим ступенем істинності, рекомендації щодо управління дифузійною станцією у вигляді характеру зміни і їх числових значень технологічних параметрів.

Наповнення бази знань проводили шляхом формування правил продукції. При цьому передбачалось, що кожна залежність утворює множину правил нечітких продукцій:  $P = \{R_1, R_2, \dots, R_n\}$ , в яку входить множина вхідних лінгвістичних змінних:  $V = \{\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_m\}$ , що складається з множини термів лінгвістичної змінної:  $W = \{\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_s\}$ . З урахуванням вказаних визначень для кожної залежності створено набір таких правил продукцій:

$R_1$ : якщо  $\beta_1$  рівне  $A_1$  і ... і  $\beta_m$  рівне  $B_m$ , тоді  $\omega_1$  рівне  $C_1$ ,

$R_n$ : якщо  $\beta_m$  рівне  $A_m$  і ... і  $\beta_m$  рівне  $B_m$ , тоді  $\omega_s$  рівне  $C_s$ ,

де:  $A_1, A_n, B_1, B_m, C_1, C_s$  — терми лінгвістичних змінних.

Наприклад, для визначення доцільності та характеру зміни витрати дифузійного соку, було отримано залежність, що являє собою правила прийняття рішення:

$$\bigcup_{n=1}^h [(F_{oc} = f_{oc}^i) \cap (E_{11} = e_{11}^r) \cap (W = w_M)] \rightarrow J_{oc}^s, \\ n = \overline{1, h}; i, M, r = \overline{1, 3}; s = \overline{1, 2}$$

де  $F_{oc}$  — витрата дифузійного соку, що може приймати такі значення:  $f_{oc}^1$  — в нормі,  $f_{oc}^2$  — вище норми,  $f_{oc}^3$  — нижче норми;  $E_{11}$  — втрати цукру в жомі, що може приймати такі значення:  $e_{11}^1$  — в нормі,  $e_{11}^2$  — вище норми,  $e_{11}^3$  — нижче норми;  $W$  — якість стружки, що прирівнюється до таких термів:  $w_1$  — низька якість,  $w_2$  — задовільна якість,  $w_3$  — якість у нормі.

Наведений алгоритм дозволяє на основі продукційних правил та інформації від системи автоматичного контролю, даних візуального обстеження та інформації з лабораторії (табл. 1) отримати рекомендації у вигляді характеру (збільшити, зменшити) та числового значення зміни технологічного параметра (табл. 2).

*Таблиця 1. Значення технологічних параметрів процесу висолоджування*

| №  | Назва параметра                     | Од. вим.            | Значення                                             |
|----|-------------------------------------|---------------------|------------------------------------------------------|
| 1  | Вміст цукру в дифузійному соку      | %                   | 11,4                                                 |
| 2  | Втрати в жомі                       | %                   | 0,37                                                 |
| 3  | Вміст цукру в стружці               | %                   | 13,1                                                 |
| 4  | Вміст пульпи в стружці              | %                   | 40                                                   |
| 5  | Кількість браку                     | лінгв. зміна        | норма                                                |
| 6  | Пружність                           | лінгв. зміна        | норма                                                |
| 7  | Міцність                            | лінгв. зміна        | норма                                                |
| 8  | Температура в колоні (середня)      | °С                  | 64,93                                                |
| 9  | Напруга двигуна колоні              | В                   | 165,56                                               |
| 10 | Температура в ошпарювачі (середня)  | °С                  | 74,15                                                |
| 11 | Напруга двигуна ошпарювача          | В                   | 300,8                                                |
| 12 | Витрата дифузійного соку            | м <sup>3</sup> /год | 112,94                                               |
| 13 | Витрата стружки                     | т/год               | 70,83                                                |
| 14 | Рівень у колоні                     | %                   | 85,03                                                |
| 15 | Рівень у ошпарювачі                 | м                   | 1,5                                                  |
| 16 | Струм двигуна колоні                | А                   | 68,36                                                |
| 17 | Стан стружки (оглядове скло)        | лінгв. зміна        | в нормі                                              |
| 18 | Переміщення стружки (оглядове скло) | лінгв. зміна        | Апарат заповнений стружкою, яка рухається за лопаттю |
| 19 | Заповнення апарата (оглядове скло)  | лінгв. зміна        | Стружка рухається суцільною масою                    |
| 20 | Стан жому                           | лінгв. зміна        | Недостатньо пружний                                  |
| 21 | Колір жому                          | лінгв. зміна        | Світло - жовтий                                      |

*Таблиця 2. Рекомендовані значення технологічних параметрів*

| № | Назва параметра                    | Од. вим.            | Значення |
|---|------------------------------------|---------------------|----------|
| 1 | Витрата дифузійного соку           | м <sup>3</sup> /год | -10,12   |
| 2 | Витрата стружки                    | т/год               | 15,48    |
| 3 | Напруга двигуна колони             | В                   | 17,54    |
| 4 | Температура в колоні (середня)     | °С                  | 2,75     |
| 5 | Рівень у колоні                    | %                   | 4,97     |
| 6 | Напруга двигуна ошпарювача         | В                   | -8,43    |
| 7 | Температура в ошпарювачі (середня) | °С                  | -1,32    |

Отже, у разі порушення технологічного режиму ПППР одночасно виробляє рекомендації щодо зміни технологічних параметрів і розраховує прогнозовані значення показників дифузійної станції, якщо ці рекомендації буде виконано. Аналіз отриманих результатів свідчить, що практично неможливо досягти одночасного покращення всіх показників. Якщо покращуються одні показники, то інші погіршуються. Крім того, у зв'язку з великою кількістю одночасно оброблюваних підсистемою параметрів, кількість комбінацій рекомендованих рішень є значною і не може бути у такому вигляді надана оператору. Попередньо необхідно провести звуження кількості рекомендацій.

У зв'язку з цим для знаходження такої рекомендації, при якій будуть найкращими показники, була використана методика домінуючих критеріїв, згідно з якою знаходиться рішення, у якому найбільша кількість домінуючих показників.

Для цього формується матриця  $A$  розміром  $n \times n$  з елементами  $a_{ij} = q(x^i, x^j)$ , де  $q(x^i, x^j)$  — кількість показників, за якими рекомендація  $x^j$  перевищує  $x^i$ , а  $i, j = \overline{1, n}$ , де  $n$  — кількість рекомендацій.

Вирішенням задачі є знаходження підмножини всіх варіантів  $x \in X$  з мінімальним в  $X$  домінуючим показником:

$$C^K(X) = \left\{ x \in X \mid Q_X(x) = \min_{z \in X} Q_X(z) \right\}.$$

де величина  $Q_X(x)$  називається домінуючим показником рекомендації  $x$  і знаходиться як:

$$Q_X(x) = \max_{x^j \in X} q(x^i, x^j).$$

Розробка системи. З наведеної схеми (рис. 2) видно, що обробка даних, які надходять до ПППР з різних джерел, відбувається в декілька паралельних потоків, які відповідають за: видачу рекомендацій оператору для прийняття управлінських рішень: аналіз стану технологічних параметрів і виявлення порушень технологічного режиму (блоки: база знань, фазифікації, дефазифікації, нечіткого логічного виведення); розрахунок коефіцієнтів функцій регресії та перевірка моделей прогнозування (блоки: архівування даних,

вибірка даних, розрахунок коефіцієнтів регресії, перевірка функцій регресії); прогнозування показників роботи дифузійної станції з урахуванням рекомендованої зміни параметрів (блок перевірка рекомендацій).

Окремо виділені блоки, що відповідають за керування продуктивністю дифузійної станції з урахуванням втрат при зберіганні й під час переробки сировини (блоки: формування матриці продуктивності, формування матриці втрат цукру, Знаходження множини значень для переробки  $\{P_{\text{прод}}, V_{\text{ц}}, U_{\text{двиг}}\}$ , розрахунок втрат цукру при зберіганні, розрахунок плану переробки, знаходження множини значень для зберігання  $\{P_{\text{прод}}, V_{\text{ц}}\}$ , знаходження продуктивності, при якій втрати мінімальні, знаходження напруги, яка забезпечить задану продуктивність і втрати.

У процесі роботи системи автоматизації ПППР працює в консольному режимі. При цьому виконуються операції автоматичного зчитування даних: з архіву, із системи автоматизації та бази даних лабораторії цукрового заводу.

На основі отриманої інформації проводиться аналіз відхилень у роботі системи та ідентифікуються такі ситуації:

- погіршення показників роботи дифузійної станції;
- відхилення технологічних параметрів за припустимі межі;
- порушення в роботі обладнання.

До системи управління дифузійним відділенням з ПППР, входять :

- традиційна система автоматизації, що складається з: датчиків, виконавчих механізмів, перетворювачів, мікропроцесорного пристрою управління й автоматизованого робочого місця оператора. Як управляючий пристрій частіше за все використовуються мікропроцесорні програмовані логічні контролери (ПЛК), у яких реалізовані традиційні контури автоматичного регулювання. В АРМі оператора-технолога встановлені два програмних продукти: SCADA-програма і вбудована в неї програмне забезпечення підсистеми підтримки прийняття рішень. При цьому розробляється два рівня людино-машинного інтерфейсу. Один з них обслуговує традиційну систему автоматизації, за допомогою якої оператор може спостерігати за технологічним процесом і в разі необхідності втрутитись в управління ним. Другий рівень — це інтерфейс для роботи оператора з підсистемою підтримки прийняття рішень. Користуючись цим інтерфейсом, оператор взаємодіє з ПППР і вводить дані про результати візуального обстеження обладнання;

- автоматизовані робочі місця сировинної лабораторії, які додатково обладнані людино-машинним інтерфейсом для введення даних про якісні показники, стан та умови зберігання прийнятої сировини. В АРМі також встановлений програмний пакет розрахунку зміни показників сировини при її збереженні залежності від терміну та умов зберігання, які є складовою програмного забезпечення ПППР;

- автоматизовані робочі місця лабораторії цукрового заводу, які додатково обладнані людино-машинним інтерфейсом для введення даних про якісні показники роботи дифузійної станції;

- автоматизоване робоче місце головного інженера, до якого надходить уся узагальнююча інформація, на основі якої він може приймати ефективні управлінські рішення.



**Рис. 2. Функціональна структура системи управління із підсистемою підтримки прийняття рішень**

### **Висновки**

У дослідженні запропонований підхід до удосконалення систем автоматизованого управління дифузійною станцією шляхом включення до її складу підсистеми підтримки прийняття рішень, яка на основі розроблених моделей і алгоритмів, формує рекомендації оператору для прийняття ефективних управлінських рішень з метою підтримання якісних показників роботи станції.

### **Література**

1. Сідлецький В.М. Розробка алгоритмів підсистеми підтримки прийняття рішень для контролю якості роботи дифузійного відділення / В.М. Сідлецький, І.В. Ельперін, А.П. Ладанюк // Автоматика. Автоматизация. Электротехнические комплексы и системы. — 2006. — № 2(18). — С. 92—97.
2. Сідлецький В.М. Механізм логічного виведення рекомендацій щодо зміни технологічних параметрів для колонної дифузійної станції / В.М. Сідлецький, І.В. Ельперін // Харчова промисловість. — 2010. — № 9. — С. 136—141.

## **УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРОЦЕССОМ КАК СЛОЖНОЙ МНОГОСВЯЗНОЙ СИСТЕМОЙ**

**А.Н. Пупена, В.М. Сидлецкий**

*Национальный университет пищевых технологий*

*В статье приводится пример совершенствования существующей системы автоматизации диффузионной станции сахарного завода путем дополнения ее подсистемой поддержки принятия решений, которая помогает оператору правильно оценить ситуацию и принять соответствующее решение.*

**Ключевые слова:** *правила продукции, база знаний, теория игры, метод доминирующих критериев.*

## PECULIARITIES OF CENTRAL METABOLISM IN *NOCARDIA VACCINII* IMV B-7405 AS A PRODUCER OF BIOSURFACTANTS

T. Pirog, T. Shevchuk, K. Beregova, N. Kudrya

National University of Food Technologies

### Key words:

*Nocardia vaccinii* IMV B-7405

Central metabolism

Anaplerotic reactions

Activity of enzymes

Carbohydrate and non-carbohydrate substrates

### Article history:

Received 03.08.2014

Received in revised form 17.08.2014

Accepted 26.08.2014

### Corresponding author:

T. Pirog

E-mail:

tapirog@nuft.edu.ua

### ABSTRACT

The activity of the enzymes of tricarboxylic acid cycle (TCA) and anaplerotic and some biosynthetic pathways in producing surfactants *Nocardia vaccinii* IMV B-7405 grown on a carbohydrate (glucose) and non-carbohydrate (glycerol) substrates was studied. In the cells of the strain IMV B-7405 grown on both glucose and glycerol NADP<sup>+</sup>-dependent isocitrate dehydrogenase activity ( $6 \pm 128$  and  $328 \pm 16$  nmol·min<sup>-1</sup>·mg<sup>-1</sup> protein, respectively), and the activity of NAD<sup>+</sup>- and NADP<sup>+</sup>-dependent malate dehydrogenase ( $300$ — $1600$  nmol·min<sup>-1</sup>·mg<sup>-1</sup> protein) was detected. The absence in *N. vaccinii* of IMV B-7405 2-oxoglutarate activity may indicate the operation in this strain of alternative ways involving 2-oxoglutarate in the TCA cycle. Filling up the pool of the C<sub>4</sub>-dicarboxylic acids in *N. vaccinii* IMV B-7405 occurs in the phosphoenolpyruvate (PEP) carboxylase reaction ( $650$ — $1200$  nmol·min<sup>-1</sup>·mg<sup>-1</sup> protein). High activity of both key enzymes of gluconeogenesis (PEP carboxykinase and PEP synthase,  $800$ — $2400$  nmol·min<sup>-1</sup>·mg<sup>-1</sup> protein) and NADP<sup>+</sup>-dependent glutamate dehydrogenase ( $300$ — $1900$  nmol·min<sup>-1</sup>·mg<sup>-1</sup> protein) confirmed the ability of IMV B-7405 strain to synthesis of surface active glyco- and aminolipids respectively. The obtained data are the basis for the theoretical calculations of optimal molar ratio of unequal energy substrates concentrations to enhance the surfactants synthesis under *N. vaccinii* IMV B-7405 cultivation on their mixture.

## ОСОБЛИВОСТІ ЦЕНТРАЛЬНОГО МЕТАБОЛІЗМУ *NOCARDIA VACCINII* ІМВ В-7405 — ПРОДУЦЕНТА ПОВЕРХНЕВО-АКТИВНИХ РЕЧОВИН

Т.П. Пирог, Т.А. Шевчук, Х.А. Берегова, Н.В. Кудря

Національний університет харчових технологій

У статті досліджено активність ферментів циклу трикарбонових кислот (ЦТК), анаплеротичних і деяких біосинтетичних шляхів у продуцента поверхнево-активних речовин (ПАР) *Nocardia vaccinii* ІМВ В-7405 за умов росту на

вуглеводних (глюкоза) і неуглеводних (гліцерин) субстратах. У клітинах штаму ІМВ В-7405, вирощеного як на глюкозі, так і на гліцерині, виявлено НАДФ<sup>+</sup>-залежну ізоцитратдегідрогеназну активність ( $128 \pm 6$  і  $328 \pm 16$  нмоль·хв<sup>-1</sup>·мг<sup>-1</sup> білка відповідно), а також активність НАД<sup>+</sup>- і НАДФ<sup>+</sup>-залежних малатдегідрогеназ ( $300$ — $1600$  нмоль·хв<sup>-1</sup>·мг<sup>-1</sup> білка). Відсутність у *N. vaccinii* ІМВ В-7405 активності 2-оксoglутаратдегідрогенази може свідчити про функціонування у цього штаму альтернативних шляхів залучення 2-оксoglутарату до ЦТК. Поповнення пулу С<sub>4</sub>-дикарбонових кислот у штаму ІМВ В-7405 відбувається у фосфоенолпіруват(ФЕП)-карбоксилазній реакції ( $650$ — $1200$  нмоль·хв<sup>-1</sup>·мг<sup>-1</sup> білка). Висока активність обох ключових ферментів глюконеогенезу (ФЕП-карбоксикинази і ФЕП-синтетази,  $800$ — $2400$  нмоль·хв<sup>-1</sup>·мг<sup>-1</sup> білка) і НАДФ<sup>+</sup>-залежної глутаматдегідрогенази ( $300$ — $1900$  нмоль·хв<sup>-1</sup>·мг<sup>-1</sup> білка) підтвердила здатність штаму ІМВ В-7405 до синтезу поверхнево-активних гліко- та аміноліпідів. Одержані дані є основою для проведення теоретичних розрахунків оптимального молярного співвідношення концентрацій енергетично нерівноцінних субстратів для підвищення синтезу ПАР *N. vaccinii* ІМВ В-7405 на їх суміші.

**Ключові слова:** *Nocardia vaccinii* ІМВ В-7405, центральний метаболізм, анаплеротичні реакції, активність ферментів, вуглеводні і неуглеводні субстрати.

На даний час у світі спостерігається підвищений інтерес до застосування мікробних поверхнево-активних речовин (ПАР) у різних галузях промисловості, що зумовлено їхньою екологічною безпечністю та високою ефективністю [1—4]. Проте, незважаючи на очевидні переваги мікробних ПАР, перед синтетичними аналогами існують проблеми, пов'язані з впровадженням їх промислового виробництва. У зв'язку з цим дослідження останнього десятиліття фокусуються на визначенні підходів до здешевлення технологій мікробних ПАР [5, 6]. Згідно із [5], факторами, які лімітують використання ПАР мікробного походження у промислових масштабах, є висока вартість субстратів для їхнього синтезу, невисокий вихід продукту, а також утворення суміші сполук, а не однієї чистої поверхнево-активної речовини. Дані фактори, а також інші тонкощі біотехнологічного виробництва ПАР (наприклад, необхідність додавання піногасника, вартісне обладнання тощо) зумовлюють високу вартість кінцевого продукту.

Одним із шляхів інтенсифікації технологій мікробного синтезу практично важливих метаболітів є використання для їх одержання змішаних енергетично нерівноцінних ростових субстратів [7].

Наші попередні дослідження показали можливість використання суміші ростових субстратів (гексадекан, гліцерин, етанол, глюкоза) для інтенсифікації синтезу поверхнево-активних речовин *Nocardia vaccinii* ІМВ В-7405 [8]. Встановлено, що максимальні значення умовної концентрації ПАР (4,8) спостерігалися за умов росту *N. vaccinii* ІМВ В-7405 на суміші глюкози з гліцерином.

Проте для забезпечення максимальної конверсії вуглецю в цільовий продукт необхідне встановлення оптимального для його синтезу молярного

співвідношення концентрацій моносубстратів у суміші, як було встановлено нами раніше для мікробного екзополісахариду етаполану [7] і поверхнево-активних речовин *Rhodococcus erythropolis* IMB Ac-5017 і *Acinetobacter calcoaceticus* IMB B-7241 [9, 10]. Це потребує попереднього здійснення теоретичних розрахунків енергетичних потреб синтезу ПАР і біомаси на енергетично дефіцитному субстраті з подальшим визначенням концентрації енергетично надлишкового субстрату, що забезпечить «покриття» енергетичних витрат на цей процес. Для проведення таких теоретичних розрахунків необхідно знати шляхи метаболізму конкретних моносубстратів у мікроорганізмів-продуцентів біологічно активних речовин.

Мета: дослідження активності ключових ферментів циклу трикарбонових кислот (ЦТК), анаплеротичних і деяких біосинтетичних шляхів у *N. vaccinii* IMB B-7405 за умов росту на вуглеводних (глюкоза) і неуглеводних (гліцерин) субстратах.

Основний об'єкт досліджень ізольований нами із забрудненого нафтою зразка ґрунту та ідентифікований як *Nocardia vaccinii* К-8. Штам К-8 депоновано у Депозитарії мікроорганізмів Інституту мікробіології і вірусології НАН України за номером IMB B-7405.

Культивування штаму IMB B-7405 здійснювали на мінеральному поживному середовищі такого складу (г/л):  $\text{NaNO}_3$  — 0,5;  $\text{MgSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$  — 0,1;  $\text{CaCl}_2 \times 2\text{H}_2\text{O}$  — 0,1;  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  — 0,1;  $\text{FeSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$  — 0,001. У середовище додатково вносили дріжджовий автолізат — 0,5 % (об'ємна частка). Як джерело вуглецю й енергії використовували гліцерин і глюкозу в концентрації 0,5 % (об'ємна та масова частка відповідно).

Як посівний матеріал використовували культуру *N. vaccinii* IMB B-7405 з експоненційної фази росту, вирощену на рідкому середовищі наведеного вище складу з відповідними джерелами вуглецю у концентрації 0,5 %. Концентрація посівного матеріалу ( $10^4$ — $10^5$  клітин/мл) становила 5 % від об'єму середовища. Культивування здійснювали в колбах об'ємом 750 мл із 100 мл середовища на качалці (320 об./хв) упродовж 48 год при 30°C.

Для отримання безклітинних екстрактів культуральну рідину, одержану після культивування *N. vaccinii* IMB B-7405 на рідкому мінеральному середовищі, центрифугували (5000 g, 10 хв, 4 °C). Отриманий осад клітин двічі відмивали від залишків середовища 0,05 М  $\text{K}^+$ -фосфатним буфером (pH 7,0), центрифугуючи (5000 g, 10 хв, 4 °C). Відмиті клітини ресуспендували в 0,05 М  $\text{K}^+$ -фосфатному буфері (pH 7,0) та руйнували ультразвуком (22 кГц) 3 рази по 60 с при 4 °C на апараті УЗДН-1. Отриманий дезінтеграт центрифугували (10000 g, 15 хв), осад відділяли, а супернатант використовували для подальших досліджень як безклітинний екстракт.

Активність ізоцитратліази (КФ 4.1.3.1) встановлювали за швидкістю утворення фенілгідразону гліоксилату при 324 нм, ізоцитратдегідрогенази (КФ 1.1.1.41), малатдегідрогенази (КФ 1.1.1.37) визначали за відновленням  $\text{НАД}^+$ , а ізоцитратдегідрогенази (КФ 1.1.1.42), малатдегідрогенази (КФ 1.1.1.82) — за відновленням  $\text{НАДФ}^+$  при 340 за наявності ізоцитрату чи малату відповідно, 2-оксоглутаратдегідрогенази (КФ 1.2.4.2) — за відновленням  $\text{НАД}^+$  при 340 нм за наявності 2-оксоглутарату та коензиму А, як описано раніше [11].

Активність піруваткарбоксилази (КФ 6.4.1.1) визначали за швидкістю утворення оксалоацетату й окисненням НАДН при 340 нм у спряженій реакції з малатдегідрогеназою, фосфоенолпіруват(ФЕП)-синтетази (КФ 2.7.9.2) — за швидкістю утворення пірувату, яку визначали за окисненням НАДН при 340 нм в спряженій реакції з лактатдегідрогеназою, ФЕП карбоксикинази (КФ 4.1.1.49) — за утворенням ФЕП та пірувату у процесі окиснення НАДН, а глутаматдегідрогенази (КФ 1.4.1.4) — за утворенням глутамату під час окиснення НАДФН при 340 нм, ФЕП-карбоксилази (КФ 4.1.1.31) – за окисненням НАДН при 340 нм, як описано в [11].

Активність глутаматдегідрогенази (КФ 1.4.1.2), малатдегідрогенази (декарбоксилювальної) (КФ 1.1.1.38 і КФ 1.1.1.40) встановлювали за відновленням НАД<sup>+</sup> і НАДФ<sup>+</sup> при 340 нм за наявності 2-оксоглутарату та малату відповідно, згідно з методиками, описаними в [11].

Активність ферментів у безклітинних екстрактах визначали при температурі 28—30 °С, що є оптимальною для росту штаму ІМВ В-7405, та виражали у нмоль/хв мг білка. Вміст білка в безклітинних екстрактах визначали за Bradford.

У табл. 1 наведено активність деяких ферментів циклу трикарбонових кислот у клітинах штаму ІМВ В-7405, вирощених на гліцерині і глюкозі.

**Таблиця 1. Активність деяких ферментів циклу трикарбонових кислот у *N. vaccinii* ІМВ В-7405**

| Фермент                                           | Активність (нмоль·хв <sup>-1</sup> ·мг <sup>-1</sup> білка) у безклітинних екстрактах, одержаних з клітин, вирощених на |         |
|---------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
|                                                   | гліцерині                                                                                                               | глюкозі |
| НАД <sup>+</sup> -залежна ізоцитратдегідрогеназа  | 0                                                                                                                       | 0       |
| НАДФ <sup>+</sup> -залежна ізоцитратдегідрогеназа | 328±16                                                                                                                  | 128±6   |
| 2-Оксоглутаратдегідрогеназа                       | 0                                                                                                                       | 0       |
| НАД <sup>+</sup> -залежна малатдегідрогеназа      | 239±11                                                                                                                  | 321±16  |
| НАДФ <sup>+</sup> -залежна малатдегідрогеназа     | 567±28                                                                                                                  | 1600±80 |

Виявилось неочікуваним, що під час росту *N. vaccinii* ІМВ В-7405 як на гліцерині, так і на глюкозі у клітинах бактерій була відсутня активність ключового ферменту ЦТК — 2-оксоглутаратдегідрогенази, хоча у той же час виявлена НАД<sup>+</sup>- і НАДФ<sup>+</sup>-залежна малатдегідрогеназна активність — ферментів циклу трикарбонових кислот (табл. 1). Отже, як утворюється сукцинат у штаму ІМВ В-7405, невідомо. Слід зазначити, що у процесі культивування мікроорганізмів на неуглеводних субстратах утворення сукцинату може відбуватися в гліюксилатному циклі, ключовим ферментом якого є ізоцитратліаза [7]. Проте подальші дослідження показали, що за умов росту *N. vaccinii* ІМВ В-7405 на обох досліджуваних субстратах у клітинах бактерій цей фермент не функціонує, а анаплеротичною реакцією, що поповнює вміст пулу С<sub>4</sub> дикарбонових кислот, є ФЕП-карбоксилазна реакція (табл. 2).

**Таблиця 2. Активність ферментів анаплеротичних реакцій у *N. vaccinii* IMB B-7405**

| Фермент                                                            | Активність (нмоль·хв <sup>-1</sup> ·мг <sup>-1</sup> білка) у безклітинних екстрактах, одержаних з клітин, вирощених на |         |
|--------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
|                                                                    | гліцерині                                                                                                               | глюкозі |
| Ізоцитратліаза                                                     | 0                                                                                                                       | 0       |
| ФЕП-карбоксилаза                                                   | 656±33                                                                                                                  | 1200±60 |
| Піруваткарбоксилаза                                                | 10±0,5                                                                                                                  | 14±0,7  |
| НАД <sup>+</sup> -залежна малатдегідрогеназа (декарбоксилювальна)  | 0                                                                                                                       | 0       |
| НАДФ <sup>+</sup> -залежна малатдегідрогеназа (декарбоксилювальна) | 15±0,7                                                                                                                  | 12±0,6  |

У той же час останніми роками у літературі стали з'являтися дані про альтернативні шляхи залучення 2-оксоглутарату до циклу трикарбонових кислот (перетворення 2-оксоглутаратдегідрогенази на сукцинат) у мікроорганізмів [12—14]. Так, у представників родів *Mycobacterium* і *Rhizobium* 2-оксоглутарат, утворюваний в ізоцитратдегідрогеназній реакції ЦТК, за участю 2-оксоглутаратдекарбоксилази перетворюється на сукцинат-напівальдегід, який у наступній НАД(Ф)<sup>+</sup>-залежній дегідрогеназній реакції відновлюється до сукцинату [12, 13]. В інших мікроорганізмів (наприклад, бактерій *Hydrogenobacter thermophiles*) сукцинат утворюється з 2-оксоглутарату у 2-оксоглутарат:фередоксин-оксидоредуктазній реакції [14]. Варто зауважити, що в Кіотській енциклопедії геномів і геномів [www.genome.jp/kegg/ KEGG: Kyoto Encyclopedia of Genes and Genomes. Pathway Database] наведена інформація про наявність цього ферменту у деяких представників роду *Nocardia*. З'ясуванню питання, які саме альтернативні шляхи залучення 2-оксоглутарату до ЦТК функціонують у штаму IMB B-7405, будуть присвячені наші подальші дослідження.

У табл. 3 наведено дані про активність ферментів біосинтезу ПАР у клітинах штаму IMB B-7405, вирощених на гліцерині та глюкозі. Ензиматичні дослідження підтвердили здатність *N. vaccinii* IMB B-7405 до синтезу поверхнево-активних гліко- та аміноліпідів, що засвідчила висока активність ферментів глюконеогенезу (ФЕП-карбоксикіназа та ФЕП-синтетаза) і НАДФ<sup>+</sup>-залежної глутаматдегідрогенази за умов росту бактерій як на глюкозі, так і на гліцерині.

**Таблиця 3. Активність ферментів біосинтезу поверхнево-активних речовин у *N. vaccinii* IMB B-7405**

| Фермент            | Активність (нмоль·хв <sup>-1</sup> ·мг <sup>-1</sup> білка) у безклітинних екстрактах, одержаних з клітин, вирощених на |         |
|--------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
|                    | гліцерині                                                                                                               | глюкозі |
| ФЕП-карбоксикіназа | 820±41                                                                                                                  | 1015±50 |

|                                                     |          |          |
|-----------------------------------------------------|----------|----------|
| ФЕП-синтетаза                                       | 2366±118 | 2406±120 |
| НАДФ <sup>+</sup> -залежна<br>глутаматдегідрогеназа | 329±16   | 1855±92  |
| НАД <sup>+</sup> -залежна<br>глутаматдегідрогеназа  | 0        | 0        |

### **Висновки**

Отже, у результаті проведених досліджень визначено активність ключових ферментів циклу трикарбонових кислот, анаплеротичних і біосинтетичних шляхів у *N. vaccinii* IMB B-7405, вирощених на вуглеводних і неуглеводних субстратах. Одержані дані є вихідними для здійснення теоретичних розрахунків оптимального молярного співвідношення концентрації моно-субстратів у суміші з метою інтенсифікації синтезу ПАР.

### **Література**

1. Pacwa-Plociniczak M., Plaza G.A., Piotrowska-Seget Z., Cameotra S.S. Environmental applications of biosurfactants: recent advances // Int. J. Mol. Sci. — 2011. — Vol 12, № 1. — P. 633—654.
2. Kalyani R. Bishwambhar M., Suneetha V. Recent potential usage of surfactant from microbial origin in pharmaceutical and biomedical arena: a perspective // Int. Res. J. Pharm. — 2011. — Vol. 2. № 8. — P. 11—15.
3. Ławniczak Ł., Marecik R., Chrzanowski Ł. Contributions of biosurfactants to natural or induced bioremediation // Appl. Microbiol. Biotechnol. — 2013. — Vol. 97, № 6. — P. 2327—2339.
4. Sachdev D.P., Cameotra S.S. Biosurfactants in agriculture // Appl. Microbiol. Biotechnol. — 2013. — Vol. 97, № 3. — P. 1005—1016. doi:10.1007/s00253-012-4641-8.
5. Sylđatk C., Hausmann R. Microbial biosurfactants // Eur. J. Lipid Sci. Technol. — 2010. — Vol. 112, № 6. — P. 615—616.
6. Makkar R.S., Cameotra S.S., Banat I.M. Advances in utilization of renewable substrates for biosurfactant production // AMB Express. — 2011. — 1:5. doi: 10.1186/2191-0855-1-5.
7. Підгорський В.С., Іутинська Г.О., Пирог Т.П. Інтенсифікація технологій мікробного синтезу. — К.: Наук. думка, 2010. — 327 с.
8. Кудря Н., Пирог Т. Особливості синтезу поверхнево-активних речовин *Nocardia vaccinii* IMB B-7405 на суміші ростових субстратів // Ukrainian food journal. — 2013. — Vol. 2, Iss. 2. — С. 203—209.
9. Пирог Т.П., Конон А.Д., Шевчук Т.А., Билец І.В. Інтенсифікація синтезу поверхностно-активних речовин *Acinetobacter calcoaceticus* ИМВ В-7241 на суміші гексадекана і глицерину // Микробиологія. — 2012. — Т. 81, № 5. — С. 611—618.
10. Пирог Т.П., Шулякова М.О., Шевчук Т.А. Змішані субстрати у природних умовах і біотехнологічних процесах // Biotechnologia Acta. — 2013. — Vol. 6, № 6. — P. 28—44.

11. Pirog T.P., Korzh Yu.V., Shevchuk T.A., Tarasenko D.O. Peculiarities of C<sub>2</sub> metabolism and intensification of the synthesis of surface active substances in *Rhodococcus erythropolis* EK-1 grown in ethanol // Microbiology. — 2008. — Vol. 77, № 6. — P. 665—673.

12. Tian J., Bryk R., Itoh M., Suematsu M., Nathan C. Variant tricarboxylic acid cycle in *Mycobacterium tuberculosis*: identification of alpha-ketoglutarate decarboxylase // Proc. Natl. Acad. Sci. USA. — 2005. — Vol. 102, № 30. — P. 10670—10675.

13. Aoshima M. Novel enzyme reactions related to the tricarboxylic acid cycle: phylogenetic/functional implications and biotechnological applications // Appl. Microbiol. Biotechnol. — 2007. — Vol. 75, № 2. — P. 249—255.

14. Yamamoto M., Ikeda T., Arai H., Ishii M., Igarashi Y. Carboxylation reaction catalyzed by 2-oxoglutarate:ferredoxin oxidoreductases from *Hydrogenobacter thermophiles* // Extremophiles. — 2010. — Vol. 14, № 1. — P. 79—85. doi: 10.1007/s00792-009-0289-4.

## ОСОБЕННОСТИ ЦЕНТРАЛЬНОГО МЕТАБОЛИЗМА *NOCARDIA VACCINII* IMB B-7405 — ПРОДУЦЕНТА ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ

Т.П. Пирог, Т.А. Шевчук, К.А. Береговая, Н.В. Кудря

Национальный университет пищевых технологий

В статье исследована активность ферментов цикла трикарбоновых кислот (ЦТК), анаплеротических и некоторых биосинтетических путей у продуцента поверхностно-активных веществ (ПАВ) *Nocardia vaccinii* IMB B-7405 при культивировании на углеводных (глюкоза) и неуглеводных (глицерин) субстратах. В клетках штамма IMB B-7405, выращенного как на глюкозе, так и на глицерине, обнаружена НАДФ<sup>+</sup>-зависимая изоцитратдегидрогеназная активность ( $128 \pm 6$  и  $328 \pm 16$  нмоль·мин<sup>-1</sup>·мг<sup>-1</sup> белка соответственно), а также активность НАД<sup>+</sup>- и НАДФ<sup>+</sup>-зависимых малатдегидрогеназ ( $300$ — $1600$  нмоль·мин<sup>-1</sup>·мг<sup>-1</sup> белка). Отсутствие у *N. vaccinii* IMB B-7405 активности 2-оксоглутаратдегидрогеназы может свидетельствовать о функционировании в этом штамме альтернативных путей вовлечения 2-оксоглутарата в ЦТК. Восполнение пула C<sub>4</sub>-дикарбоновых кислот у штамма IMB B-7405 происходит в фосфоенолпируват(ФЕП)-карбоксилазной реакции ( $650$ — $1200$  нмоль·мин<sup>-1</sup>·мг<sup>-1</sup> белка). Высокая активность обоих ключевых ферментов глюконеогенеза (ФЕП-карбоксикиназы и ФЕП-синтазы,  $800$ — $2400$  нмоль·мин<sup>-1</sup>·мг<sup>-1</sup> белка) и НАДФ<sup>+</sup>-зависимой глутаматдегидрогеназы ( $300$ — $1900$  нмоль·мин<sup>-1</sup>·мг<sup>-1</sup> белка) подтвердила способность штамма IMB B-7405 к синтезу поверхностно-активных глико- и аминлипидов соответственно. Полученные данные являются основой для проведения теоретических расчетов оптимального молярного соотношения концентраций энергетически неравноценных субстратов для повышения синтеза ПАВ *N. vaccinii* IMB B-7405 на их смеси.

**Ключевые слова:** *Nocardia vaccinii* IMB B-7405, центральный метаболизм, анаплеротические реакции, активность ферментов, углеводные и неуглеводные субстраты.

## SCREENING OF LACTIC ACID MICROORGANISMS FOR DETERMINING THE NITRITE REDUCING ACTIVITY

S. Danylenko

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

| Key words:                                                                                                                            | ABSTRACT                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><i>Flora</i><br/> <i>Lactic acid bacteria</i><br/> <i>Raw meat</i><br/> <i>Nitrite reducing activity</i><br/> <i>Screening</i></p> | <p>A screening of lactic acid microorganisms for determining the nitrite reducing activity was conducted. Six promising strains of LAB were determined. The dynamics of nitrite reduction while cultivating LAB in a medium with the addition of nitrite salt in concentration which is twice higher than the concentration in the recipe of fermented sausages was investigated in the laboratory.</p> |
| <p><b>Article history:</b><br/> Received 09.07.2014<br/> Received in revised form 18.07.2014<br/> Accepted 09.08.2014</p>             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| <p><b>Corresponding author:</b><br/> S. Danylenko<br/> <b>E-mail:</b><br/> svet1973@gmail.com</p>                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |

## СКРИНІНГ МОЛОЧНОКИСЛИХ МІКРООРГАНІЗМІВ ЗА НІТРИТРЕДУКУВАЛЬНОЮ АКТИВНІСТЮ

С.Г. Даниленко

*Інститут продовольчих ресурсів*

*У статті проведено скринінг молочнокислих мікроорганізмів за нітритредукувальною активністю. Отримано шість перспективних штамів МКБ. У лабораторних умовах досліджено динаміку зниження нітриту за культивування у середовищі МРС з додаванням нітритної солі концентрацією, яка вдвічі перевищує концентрацію за рецептурою на ферментовані ковбаси.*

**Ключові слова:** мікрофлора, молочнокислі бактерії, м'ясна сировина, нітритредукуюча активність, скринінг.

Нітрити і нітрати здавна використовують у виробництві ферментованих м'ясних продуктів: з одного боку, вони позитивно впливають на колір, смак і аромат, стійкість за зберігання, з іншого — у кислому середовищі можуть бути попередниками утворення канцерогенних сполук, нітрозамінів. Відсутність речовин, які функціонально здатні замінити використання останніх, спонукає до пошуку культур з високою нітритредуктазною активністю [1,2].

Водночас при виробництві м'ясних продуктів нітрит є важливим з точки зору безпеки продукту. У США і Канаді, дозволено вносити у м'ясну сировину нітрит

натрію у кількості не більше 20 мг %, за винятком беконних виробів, для яких його концентрація обмежується 12 мг %. За вимогами безпеки залишковий вміст нітриту в готових м'ясних виробках не повинен перевищувати 12,5 мг %, для консервованих м'ясних продуктів — 5 мг % [3]. В Україні цей показник для сирокочених і сиров'ялених ковбас складає 3—5 мг % [4].

Альтернативою можуть виступати бактеріальні препарати, які здатні знижувати рівень нітритів. Залучення до складу бактеріальних препаратів денітрифікуючих мікроорганізмів дозволяє досягти низьких залишкових концентрацій нітритів, навіть у разі високої початкової концентрації цього інгредієнту. Додавання таких мікроорганізмів сприяє повнішому відновленню нітритів, забезпечує стабільні смако-ароматичні показники продукції, характерне забарвлення, запобігає псуванню м'ясопродуктів і зменшує утворення нітрозоамінів [5].

Мета дослідження: вилучення з природних джерел молочнокислих мікроорганізмів з високим рівнем нітритредукувальної активності, що є перспективним для промислового використання.

Об'єкти досліджень: штами молочнокислих мікроорганізмів, виділені з ферментованих продуктів і з колекції промислових штамів відділу біотехнології Інституту продовольчих ресурсів.

Методи досліджень. Нітритредукувальну активність культур визначали якісно за допомогою реактиву Гріса [6] та кількісно — за інтенсивністю забарвлення, яке утворювалось за взаємодії нітриту з сульфаніламідом і N-(1-нафтил)-етилендіаміндігидрохлоридом у безбілковому фільтраті [7].

Джерелом виділення молочнокислих бактерій слугували ферментовані м'ясні продукти непромислового виробництва: цільном'язеві із свинини (сирокочені та сиров'ялені балики) та з телятини (сиров'ялена бастурма), ковбасні (сирокочена ковбаса із свинини).

20 г зразка, вирізаного із середини сиров'яленого або сирокоченого м'ясного виробу, подрібнювали та змішували з 80 см<sup>3</sup> стерильного фізіологічного розчину. Отриману суспензію залишали за кімнатної температури на 15—20 хв, після чого готували десятикратні розведення. Задля визначення наявності/відсутності певних груп мікроорганізмів робили посів з відповідних розведень за традиційною схемою [8].

Вилучення молочнокислих бактерій (МКБ) здійснювали у кілька послідовних етапів. На першій стадії отримували нагромаджувальні культури, висіваючи зразки у п'яти різних за складом селективних поживних середовищ (табл.) та культивуючи їх за температури 30 °С.

Згідно з літературними даними [9,10], такий підхід має високий ступінь вибіркової та сприяє вилученню й нагромадженню молочнокислих стрептококів і лактобацил.

За такою схемою було отримано всього 98 ізолятів мікроорганізмів, які представлені коками, диплококами та ланцюжками різної довжини й окремими ниткоподібними, тоненькими, вигнутими паличками різної довжини (0,7—1,1 мкм) і товщини (0,1—0,6 мкм), що інколи утворювали ланцюжки.

**Таблиця. Склад поживних середовищ для нагромаджувальних культур, вміст компонентів у %**

| Компонент                       | Поживні середовища |       |       |       |     |
|---------------------------------|--------------------|-------|-------|-------|-----|
|                                 | 1                  | 2     | 3     | 4     | 5   |
| М'ясна вода                     | 94,95              | 94,95 | 74,50 | -     | -   |
| NaCl                            | 3,00               | 3,00  | 0,50  | -     | -   |
| Лактоза                         | 0,50               | 0,50  | 2,00  | -     | -   |
| Глюкоза                         | -                  | -     | -     | 2,50  | -   |
| Цукроза                         | 0,50               | 0,50  | -     | -     | -   |
| Пептон                          | 1,00               | -     | 6,50  | -     | -   |
| Дріждж. автолізат               | -                  | -     | 5,00  | 10,00 | -   |
| Аскорбінова кислота             | 0,05               | -     | -     | -     | -   |
| Цитрат Na                       | -                  | 1,00  | 2,00  | -     | -   |
| Ацетат Na                       | -                  | -     | 5,00  | -     | -   |
| MgSO <sub>4</sub>               | -                  | -     | 0,20  | -     | -   |
| MnSO <sub>4</sub>               | -                  | -     | 0,05  | -     | -   |
| K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> | -                  | -     | 2,00  | -     | -   |
| Твін-80                         | -                  | -     | 0,001 | -     | -   |
| Вода                            | -                  | -     | -     | 87,5  | 90  |
| Молоко знежирене                | -                  | -     | -     | -     | 10  |
| pH                              | 6,0                | 7,2   | 6,0   | 7,0   | 6,8 |

Отримані чисті культури було перевірено на наявність нітритредукувальної активності.

Реакція на нітрати з реактивом Грісса заснована на утворенні в кислому середовищі за наявності нітритів і ароматичних амінів (сульфофенолової кислоти і  $\alpha$ -нафтиламіна) нітритсполуки, які зафарбовуються в червоно-рожевий колір. Для проведення реакції до краплі реактиву Грісса додавали краплю культуральної рідини. Відсутність появи червоного забарвлення свідчила про наявність нітритредукувальної активності.

За отриманими результатами було встановлено, що нітритредуючою активністю володіли лише 14 % досліджених штамів, з яких було відібрано 8 штамів мікроорганізмів.

Наступним етапом дослідження було проведення ідентифікації перс пективних штамів, яку проводили за комплексом культурально-морфологічних і фізіолого-біохімічних ознак відповідно до ключів, наведених у визначнику Бергі [11].

Усі вилучені молочнокислі коки та палички були грампозитивними та каталазонегативними. Молчнокислі коки зброджували глюкозу за гомоферментативним типом бродіння, оскільки вони утворювали лише молочну кислоту. Паличкоподібні ізоляти представлені як гомоферметативними — 93,6 %, так і гетероферментативними — 6,4 % культурами. Встановлено, що відібрані штами належали до видів *Lactobacillus casei*; *L. rhamnosus*; *L. plantarum*, *L. fermentum*, *L. paracasei* та *Lactococcus lactis*.

Також проведене кількісне визначення нітритредукувальної активності. Досліджували динаміку розкладання нітриту натрію вказаними штамми. Для цього у середовище MPC додавали 200 мг/дм<sup>3</sup> NaNO<sub>2</sub>. У це середовище

вносили 5 % лактобактерій і культивували за температури  $(35 \pm 2)^\circ\text{C}$  впродовж 12 діб. Контролем було середовище без мікроорганізмів. Слід зауважити, що концентрація нітриту вдвічі перевищувала концентрацію за рецептурою на ферментовані ковбаси [12].

Зміна концентрації нітриту під час культивування чистих МКБ показана на рис.1. У контролі вміст нітритів залишався постійним упродовж всього експерименту (крива К). На 12 добу культивування дослідні культури зменшували вміст нітриту від 50 % до 76 % від початкового вмісту нітриту.

Найвища нітритредукувальна активність притаманна штамам *L. plantarum* і *L. paracasei*, які знижували вміст нітриту на 76 % та 74,5% відповідно і на кінець культивування залишкова концентрація була на рівні 50 мг/дм<sup>3</sup>. Найменшу нітритредукувальну активність спостерігали для штаму *Lc. lactis*, який знижував концентрацію нітриту лише на 50 %. На кінець культивування штам *L. casei* знизив вміст нітриту з 200 мг/дм<sup>3</sup> до 66,5 мг/дм<sup>3</sup>, дещо вища вона була у *L. fermentum* — 75 мг/дм<sup>3</sup>

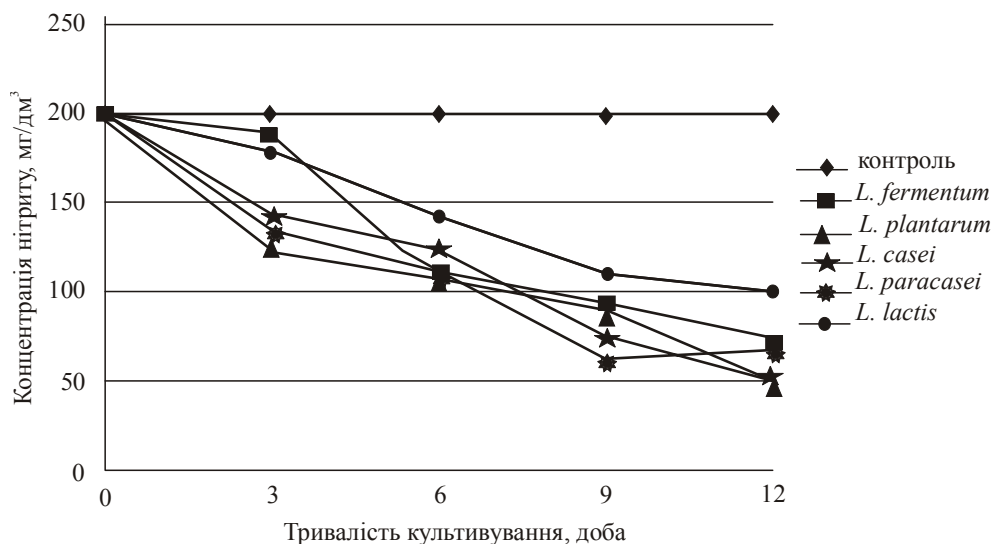


Рис. 1. Динаміка зміни концентрації нітриту натрію культурами МКБ

Цю функцію можна істотно підвищити, поєднуючи штами з різним рівнем активності відновлення нітритів, здатними забезпечити синергічний ефект. Для цього було створено 4 різні варіанти двокомпонентних композицій штамів і досліджено їх нітритредукувальну активність. Співвідношенням між окремими штамами склали 1:1. Склад композицій такий:

- *L. fermentum* *L. Plantarum*.
- *L. plantarum*+*L. Casei*.
- *L. casei*+*L. Paracasei*.
- *L. plantarum*+*L. Paracasei*.

Зміна концентрації нітриту під час культивування композицій МКБ представлено на рис.2.

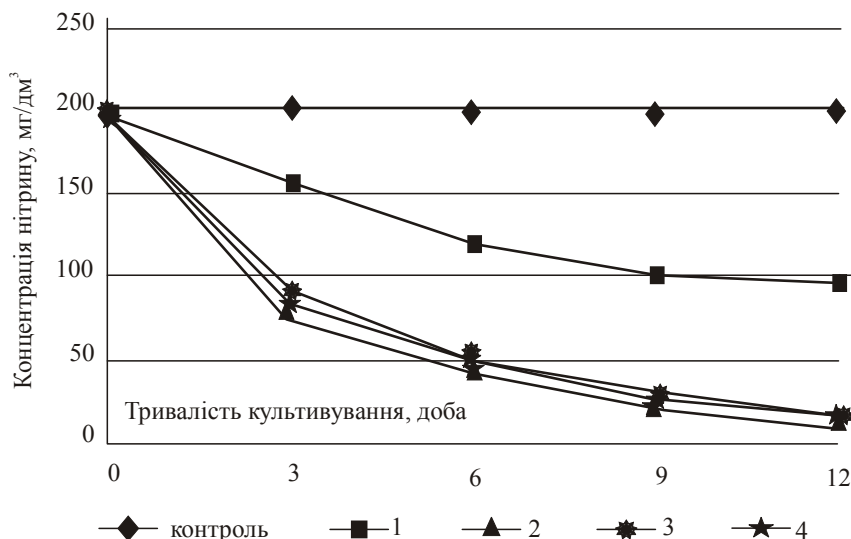


Рис. 2. Зміна концентрації нітриту під час культивування композицій

Встановлено, що всі композиції активніше знижувати вміст нітриту порівняно з монокультурами. Композиції знижували вміст нітриту відповідно на 86 %, 91 %, 93 % і 94 % від початкового. На кінець ферментації залишковий вміст нітриту у всіх варіантах знаходився в межах від 12 до 28 мг/дм<sup>3</sup>. Водночас при застосуванні композиції 1 активізації відновлення нітритів не спостерігали. Концентрація нітриту натрію в культуральній рідині була вищою, ніж у культуральній рідині кожної із монокультур. Таке явище можна пояснити несумісністю штамів, що входять до складу композиції.

Аналіз динаміки зміни концентрації показав, що у перші три доби культивування концентрація нітриту стрімко знижувалася майже однаково для всіх композицій — зі 105 мг/дм<sup>3</sup> до 82 мг/дм<sup>3</sup>. Надалі концентрація нітриту зменшувалася, але повільніше. Найактивнішою за цим параметром була композиція 4.

У результаті встановлено, що композиції молочнокислих бактерій активніше відновлювали нітрит порівняно з монокультурами. Це можна пояснити тим, що композиції молочнокислих мікроорганізмів володіють сильнішим синергетичним ефектом. Отримані дані узгоджувались із даними, наведеними у [13].

## Висновки

Результати досліджень показали, що молочнокислі бактерії активно розвиваються у середовищі МРС з додаванням нітритної солі концентрацією, яка вдвічі перевищує концентрацію за рецептурою на ферментовані ковбаси. Композиції штамів молочнокислих мікроорганізмів більш інтенсивніше знижують рівень нітриту, ніж монокультури.

## Література

1. Лори Р.А. Наука о мясе / Р.А. Лори; пер. с англ. [под ред. В.М. Горбатова]. — М.: Пищевая промышленность, 1973. — 198 с.

2. Marco A., Navarro J.L., Flores M. The influence of nitrite and nitrate on microbial, chemical and sensory parameters of slow dry fermented sausage / A. Marco // Meat Science. — 2006. — Vol. 73, № 4. — P. 660—673.

3. Минаев М.Ю., Костенко Ю.Г., Солодовникова Г.И. Использование денитрифицирующих микроорганизмов при производстве сырокопченых и сыровяленых мясных продуктов // Мясная индустрия. — 2004. — № 9. — С. 33—35.

4. Національний стандарт України. Ковбаси сирокочені та сиров'ялені. Загальні технічні умови. ДСТУ 4427:2005 — [Чинний від 2005 — 30 — 06]. — К., 2006. — 18 с. (Держспоживстандарт України).

5. Kruger G., Schiefer G. Untersuchungen zum Nitrit- und Nitratgehalt ausgewählter Wursterzeugnisse // Fleisch, Leipzig. — 1982. — Vol. 36, № 8. — S. 153—155.

6. Практикум по микробиологии / Под ред. Н.С. Егорова. — М.: Изд-во Московского университета, 1976. — 307 с.

7. Журавская Н.К., Алехина Л.Т., Отряшенкова Л.М. Исследование и контроль мяса и мясopодуктов. — М.: Агропромиздат, 1985. — 296 с.

8. Колбасные изделия и продукты из мяса. Методы бактериологического анализа: ГОСТ 9958—81. — М.: ИПК Издательство стандартов, 2002. — 14с.

9. Rovira A., Nieto J.C., Rodriguez A. et al. Characterization and selection of lactobacilli isolated from Spanish fermented sausages // Microbiologia. — 1997. — Vol. 13, № 2. — P. 201—208.

10. Rantsiou K., Drosinos E. H., Gialitaki M. et al. Molecular characterization of *Lactobacillus* species isolated from naturally fermented sausages produced in Greece, Hungary and Italy // Food Microbiology. — 2005. — Vol. 22, № 1. — P. 19—28.

11. Bergey's Manual of Systematic Bacteriology. V. 2 / Ed. P.H.A. Sneath. — Baltimore: Williams a. Wilkins Co, 1986. — 1434 p.

12. Сборник технологических инструкций по производству полукопченых, варено-копченых, сырокопченых колбас. — ГосАгропром СССР: ВНИКИМП. — М., 1987. — 90 с.

13. Dodds K.L., Collins-Thompson D.L. Nitrite tolerance and nitrite reduction in lactic acid bacteria associated with cured meat products // Int. J. Food Microbiol. — 1984. — Vol. 1, № 3. — P. 163—170.

## **СКРИНИНГ МОЛОЧНОКИСЛЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ ПО НИТРИТРЕДУЦИРОВАННОЙ АКТИВНОСТИ**

**С.Г. Даниленко**

*Институт продовольственных ресурсов*

*В статье проведен скрининг молочнокислых микроорганизмов за нитритредуцирующей активностью. Получено шесть перспективных штаммов МКБ. В лабораторных условиях исследована динамика снижения нитрита при культивировании в среде МРС с добавлением азотистой соли, концентрация которой вдвое превышает концентрацию за рецептурой на ферментированные колбасы.*

**Ключевые слова:** микрофлора, молочнокислые бактерии, мясное сырье, нитритредуцирующая активность, скрининг.

УДК 759.873.088.5:661.185

## **WAYS OF CLEANING THE ENVIRONMENT FROM HEAVY METAL POLLUTION**

**N. Antonyuk, N. Hryzenko**

*National University of Food Technologies*

---

|                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Key words:</b><br><i>Heavy metals</i><br><i>Strain</i><br><i>Surfactants</i>                              | <b>ABSTRACT</b><br>The article presents data on mechanical, physical, chemical and biological methods of cleaning soil from heavy metal pollution. It is noted that the use of mechanical and physical-chemical cleaning methods are costly and may cause another environmental problems, while biological methods are promising for use in environmental technologies. One of biological methods of cleaning involves the use of microorganisms and their synthesized surface-active substances (SAS), which allows removing 70-85% of heavy metal cations from soil. Microbial surfactants can be used for degradation of complex heavy metals from oil contamination. Some studies reported that the use of microbial surfactants can remove 88% of oil and 68% of heavy metals. |
| <b>Article history:</b><br>Received 11.07.2014<br>Received in revised form 19.07.2014<br>Accepted 10.08.2014 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| <b>Corresponding author:</b><br>N. Antonyuk<br><b>E-mail:</b><br>npnuht@ukr.net                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |

---

## **ШЛЯХИ ОЧИЩЕННЯ ДОВКІЛЛЯ ВІД ЗАБРУДНЕННЯ ВАЖКИМИ МЕТАЛАМИ**

**Н.О. Антонюк, Н.А. Гриценко**

*Національний університет харчових технологій*

У статті наведено дані про механічні, фізико-хімічні та біологічні методи очищення ґрунтів від забруднення важкими металами. Зазначено, що використання механічних і фізико-хімічних методів очищення є затратним та може спричиняти нові екологічні проблеми, тоді як біологічні методи більш перспективні для використання у природоохоронних технологіях. Одним із таких біологічних методів очищення ґрунтів від важких металів є використання мікроорганізмів і синтезованих ними поверхнево-активних речовин (ПАР), що дає змогу видаляти до 70—85 % катіонів важких металів із ґрунтів. Мікробні ПАР можуть застосовуватись і для деструкції комплексних з важкими металами нафтових забруднення ґрунтів. У деяких дослідженнях повідомляється, що завдяки використанню мікробних ПАР можна видалити 88 % нафти та 68 % важких металів.

**Ключові слова:** важкі метали, шлам, поверхнево-активні речовини.

Антропогенний вплив на довкілля упродовж багатьох десятиріч завдав серйозної шкоди біосфері [1]. Потрапляння різних ксенобіотиків у ґрунти спричиняє негативні зміни фізико-хімічних і агрохімічних властивостей,

погіршення умов життєдіяльності ґрунтової біоти, порушення нормального росту й розвитку культурних рослин. До найнебезпечніших забрудників належать важкі метали, в тому числі і радіонукліди, а також пестициди [2].

Важкі метали надходять у ґрунт у формі оксидів і катіонів (як розчинних, так і практично нерозчинних у воді). Поведінка важких металів у ґрунтах значною мірою відрізняється від властивостей більшості катіонів макроелементів. У разі збільшення кислотності ґрунту елементи важких металів із нерозчинних солей переходять в іонну форму і стають доступними для поглинання їх рослинами [3].

Відомо, що токсичні метали можуть порушувати метаболічну активність клітин кількома різними шляхами. Зв'язуючись із сульфгідрильними групами, вони призводять до конформаційних змін білків і блокують активні сайти ферментів. Цитотоксичність металів може проявлятися за рахунок заміщення необхідних кофакторів і спричинення дефіциту макроелементів. Так, відомо, що для кальцію ймовірними конкурентами є кадмій, ртуть, свинець; для магнію — нікель, мідь, кобальт і цинк; для заліза — алюміній [3].

З метою відновлення та збереження довкілля, враховуючи потенційну небезпеку важких металів для живих організмів, сьогодні широко розглядають питання оцінки шкоди, нанесеної екології, та можливості ліквідації даних речовин із навколишнього середовища [4].

Забруднення металами більш стійкі порівняно із забрудненнями органічної природи (нафтою або пестицидами). Сьогодні існує багато методів, що використовують для ліквідації таких забруднень: механічні, фізико-хімічні та біологічні.

Механічні та фізико-хімічні методи. Суть механічного методу полягає у тому, що забруднену частину ґрунту знімають, після чого її зберігають на біотехнологічному звалищі. Проте такий метод не вирішує даної проблеми, бо термін напіврозпаду металу може становити від 300 років (для цинку) до 5900 (для свинцю) і вище, крім того, є дуже затратним [5].

Фізико-хімічні методи ґрунтуються на створенні комплексів десорбент-метал та їх вимиванні за допомогою розчинника. Застосування фізико-хімічних методів характеризується низькою собівартістю та високою ефективністю видалення металів із ґрунту, проте вимивання комплексу метал-десорбент органічними й неорганічними розчинниками може призводити до погіршення властивостей ґрунтів. Відомо, що за використання фізико-хімічних методів потрібно враховувати багато факторів: рН, температура, час, природа десорбуючої речовини тощо. На практиці для виділення металів із ґрунту широке застосування знайшла динатрієва сіль етилендіамінтетраоцтової кислоти (ЕДТА) [5]. Так, після обробки ґрунту розчином ЕДТА (у співвідношенні розчин: ґрунт = 6:1) залишкову концентрацію рухливих і кислоторозчинних форм важких металів визначали за методом анодної інверсійної вольтамперометрії (ІВА) на універсальному полярографі ПУ-1. Встановлено, що максимальна ефективність видалення металів спостерігається при рН = 4, при цьому ступінь очищення ґрунту від Cd (II) та Cu (II) становив 65—95 %, а для Pb (II) — 3—33 % [6].

Незважаючи на те, що використання сорбентів для видалення важких металів із ґрунту є досить ефективним і дешевим, їх застосування у природоохоронних технологіях може призводити до створення нових проблем. Вимивання сорбенту органічними та неорганічними кислотами створюватиме додатковий фактор руйнування природних властивостей ґрунтів, виключаючи можливість їх подальшого використання.

Біологічні методи. Сьогодні велику увагу вчених привертають біологічні методи очищення, які характеризуються високою ефективністю та нетоксичністю. Вони поділяються на: фітоекстракцію, очищення за використання мікроорганізмів, очищення за допомогою препаратів ПАР, очищення комплексних забруднень нафтою і важкими металами за допомогою мікроорганізмів і препаратів ПАР [7].

Фітоекстракція. Фітоекстракцією називають видалення важких металів та інших полутантів із забрудненого ґрунту за допомогою рослин. Суть методу полягає у транслокації металів від коренів до надземних частин рослин і їх накопиченні.

Для запобігання накопичення у ґрунтах важких металів можна висаджувати декоративну рослинність. До таких рослин висувають низку вимог: стійкість до високих концентрацій металів у ґрунті, здатність поглинати декілька металів одночасно у високих концентраціях, забезпечення ефективного транспорту важких металів із кореневої системи у зелену частину рослини, висока швидкість росту, стійкість до різноманітних хвороб і шкідників [7].

Авторами [8] встановлено, що ефективність поглинання рослинами катіонів, купруму кадмію та свинцю залежить від їх комбінацій і конценрацій. Для дослідження використовували звичайну польову траву (райграс), яку вирощували за наявності  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Cd}^{2+}$  та  $\text{Pb}^{2+}$  у концентраціях 10, 1 та 5 мг/л відповідно. Крім того, у дослідні зразки вносили речовини, що стимулювали поглинання металів кореневою системою рослин: гістидин, амінополікарбонову кислоту (ЕДДС), поверхнево-активні речовини та неорганічний ліганд. Тривалість досліду склала 30 діб. Встановлено, що підвищення здатності поглинати метали кореневою системою за додавання стимуляторів пов'язане з переведенням важких металів у більш доступний стан для кореневої системи. Результати показали, що найвищі показники очищення ґрунту від катіонів кадмію та плюмбуму спостерігали за внесення суміші речовин (рамноліпіди + ЕДДС) і досягали 98,5 та 65 % відповідно.

З описаних вище досліджень видно, що використання фітоекстракції для очищення від забруднення важкими металами можливе, проте це дороговартісний тривалий процес, який може застосовуватись тільки сезонно, тому застосування даних методів не є доцільним у промислових масштабах.

Участь мікроорганізмів в очищенні ґрунтів від важких металів. Деякі метали необхідні для нормального росту та розвитку всіх живих організмів. Вони можуть виступати кофакторами у ферментах або мікроелементами (наприклад, калій, кальцій, магній, залізо, марганець, цинк, мідь, молібден, нікель, кобальт). Проте для деяких металів не було встановлено жодної

біологічної ролі (свинець, кадмій). Незважаючи на те, що деякі метали необхідні для підтримання нормальної життєдіяльності, підвищена концентрація усіх важких металів спричиняє токсичну дію на макро- та мікроорганізми [8].

Характер взаємодії мікроорганізмів з металами визначається концентрацією металу, ступенем його токсичності, а також метаболічним потенціалом мікроорганізмів, дією самого металу на організм або клітину. Мікроорганізми можуть переводити іони металів у менш токсичні форми, тому їх використання для ліквідації таких забруднень є перспективним [9].

Групою арабських вчених [8] описано вплив важких металів на ґрунтову мікробіоту. У зразки ґрунту (по 20 см<sup>3</sup>) і неідентифікованою мікрофлорою вносили катіони Cd<sup>2+</sup> та Pb<sup>2+</sup> у концентраціях 8 та 15 мг на кг ґрунту відповідно, час експозиції становив 12 тижнів за температури 25±4 °С. Результати показали, що наявність важких металів спричиняє високий токсичний вплив, що призвело до зменшення кількості життєздатної мікробіоти до 52,4 %. Аналіз досліджуваних зразків показав, що залишкова кількість катіонів кадмію та свинцю, що залишилася після 9 тижнів експерименту, становила 48,2 та 37,8 % від початкової.

У [10] повідомляється про резистентні до ртуті бактерії, які було виділено із морської води. Встановлено, що виділені ізоляти належали до родин: *Pseudomonas*, *Alcaligenes*, *Brevibacterium* та *Bacillus*, які в подальшому досліджували на здатність розвиватися за наявності ртуті. Концентрація ртуті становила 50 мг/кг, дослідження проводили упродовж 14 діб при 28 °С. Усі ізоляти показали високу резистентність до різних концентрацій ртуті, проте його наявність у середовищі значно подовжила лаг-фазу. Залишкова кількість ртуті становила 10 мг/кг.

Дослідження впливу важких металів на ріст *Serratia marcescens* показали, що дана культура здатна ефективно очищати ґрунт від забруднення важкими металами. У ході цього дослідження використовували штам, який вирощували за наявності катіонів хрому (0,2 мг/мл), кадмію (0,2 мг/мл) та свинцю (0,2 мг/мл), тривалість тесту становила 120 хв. Результати показали, що використання даного штаму можливе для біоремедіації забрудненого ґрунту (Pb<sup>2+</sup>, Cd<sup>2+</sup> та Cr<sup>3+</sup>), а кількість адсорбованого металу становила для Pb — 0,133—0,193 мг/г; 0,097—0,185 мг/г для Cd; та 0,105—0,176 мг/г Cr [11].

Аналіз деяких літературних даних дозволяє стверджувати, що незважаючи на те, що важкі метали спричиняють токсичний вплив, у тому числі і на мікроорганізми, деякі штами бактерій є не тільки резистентними до наявності високих концентрацій різноманітних металів, а й здатні зменшувати їх концентрацію у середовищі існування.

Використання мікробних поверхнево-активних речовин у біоремедіації докільця від важких металів. До біологічних методів відноситься використання препаратів ПАР мікробного походження [12]. Застосування позаклітинних метаболітів, зокрема поверхнево-активних речовин, дозволить ефективно очищувати докільця від важких металів [13]. Відомо, що ПАР переводять важкі метали з однієї форми в іншу, змінюючи рівень

токсичності. Використання мікробних ПАР має незаперечні переваги порівняно з використанням інших речовин. На відміну від своїх хімічних аналогів мікробні ПАР не спричиняють токсичного впливу на навколишнє середовище, розкладаються природною мікробіотою [14].

У [15] досліджувалась здатність ПАР штамів *Pseudomonas aerogenosa* JBR 425, *P. aerogenosa* DS10-129, *P. aerogenosa* BS2 знижувати концентрацію металів ( $\text{As}^{3+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$ , та  $\text{Zn}^{2+}$  у концентраціях 148, 74, 237 та 259 мг/кг відповідно). Зразки ґрунту обробляли рамноліпідами (180 мл/кг), значення рН упродовж дослідження становило 10, тривалість експозиції 70 діб за температури 20 °С. Результати показали, що залишкова кількість металів в експериментальних зразках на кінець дослідження становила:  $\text{As}^{3+}$  — 39 %,  $\text{Cu}^{2+}$  — 28 %,  $\text{Pb}^{2+}$  — 38%, та  $\text{Zn}^{2+}$  — 54 %.

У [16] досліджувався вплив гліколіпідів, синтезованих *P. aerogenosa* AB4, на видалення важких металів ( $\text{Cd}^{2+}$  та  $\text{Pb}^{2+}$ ) із ґрунту. Штам AB4 вирощували упродовж 7 діб при 40 °С, кількість синтезованих ПАР досягала 40 г/л. У досліджувані зразки (1,5 кг ґрунту) вносили 5 г  $\text{Cd}^{2+}$  та 5 г  $\text{Pb}^{2+}$ , а кількість гліколіпідів становила 1 та 2 % (об'ємна частка від маси забруднення). За таких умов залишкова кількість катіонів кадмію становила 50 та 46 %, плумбуму — 43 та 45 % відповідно до концентрацій гліколіпідів [16].

У [17] вивчалася можливість видалення купруму із руди за умов використання препаратів ПАР (рамноліпідів). Як досліджений зразок використовували 1 кг руди, в якому містилося 8,950 мг купруму, час експозиції становив 6 діб за температури 25 °С із значенням рН 6. Результати показали, що найнижчі показники видалення купруму (28 %) із руди спостерігалися за внесення 10 мл 2% розчину рамноліпиду у зразок із 1 г руди. Додавання до рамноліпідів 1 % розчину гідроксиду натрію супроводжувалося збільшенням ступеня виділення — 42 %. Максимальні показники видалення купруму із руди спостерігалися за внесення 0,15—0,3 мМ рамноліпідів у зразок.

Хром є одним із найбільш токсичних забрудників, тому розробка технології для очищення ґрунтів від нього є актуальним питанням. Необхідною умовою для зменшення його токсичності є зміна валентності металів (Cr (IV) у Cr (III)). Відомо, що хром здатен адсорбуватися на певні органічні сполуки, а негативний заряд надає можливість використовувати рамноліпіди. Дослідження проводили з використанням каолініту, кількість Cr (IV) становила 7,500 та 500 мг/кг, рамноліпиду — 25 % (об'ємних), час експозиції — 24 доби. Встановлено, що Cr (III) здатен переходити до сполук окси- та гідрокарбонату у каолініті. Результати показали, що за 24 доби за використання рамноліпідів можна переводити 95—100 % Cr (IV) у Cr (III) [24].

У [17] порівнювалося застосування хімічних і мікробних ПАР для знешкодження дії важких металів ( $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$ ,  $\text{Cd}^{2+}$ ). У дослідженнях порівнювали катіонний 1-додецилпіридинхлорид, неіонний олеїлдиметилбензил хлорид амонію й аніонні мікробні рамноліпіди синтезовані *P. aerogenosa* JBR-425. Всі три групи ПАР активували видалення важких металів з ґрунту: цинк — 39 %; мідь — 56 %; свинець — 43 %; кадмій — 68 %, порівняно з варіантами без ПАР (6 %). Аніонні рамноліпіди були найбільш ефективними (68 %).

У [18] досліджувалася адсорбція катіонів цинку з суміші ґрунту з польовим шпатом під дією ПАР рамноліпідів. На початку досліджень у зразки вносили 0,47 та 4,08 мМ цинку, а концентрація рамноліпиду становила 12,5 — 100 мМ. Результати показали, що кількість адсорбованих із ґрунту катіонів цинку рамноліпідами становила 67,74 та 19,47 % відповідно. Крім того, було встановлено, що на даний процес впливає значення рН, тому наступним етапом досліджень було визначення оптимального значення рН. Встановлено, що значення рН при сорбції цинку знаходилось у межах 5,0–7,6, а ступінь видалення металів становив 83,87 %, за початкової концентрації  $Zn^{2+}$  0,91 мМ. Дослідження показали, що оптимальна концентрація рамноліпідів становила 25 мМ, а значення рН — 6,8. За цього значення ступінь вилучення металу становив 98,83 % за наявності 2,19 мМ цинку та 25 мМ рамноліпідів [18].

На основі приведених вище даних можна стверджувати, що використання препаратів мікробних ПАР, синтезованих різними штамми-продуцентами, є досить перспективним напрямом у розвитку природоохоронних технологій. Використання препаратів ПАР дорожче за використання хімічних аналогів, проте більш безпечне та ефективне.

Ліквідація комплексних забруднень нафти з важкими металами. З літературних джерел відомо [19], що забруднення в екосистемах найчастіше мають комплексний характер (одночасна наявність як нафти, так і металів), тому актуальним є пошук таких методів очищення, які б дали змогу видаляти такі комбіновані забруднення. Серед широкого спектра методів очищення довкілля від цих сполук перспективними є біологічні, зокрема з використанням мікроорганізмів та їх метаболітів [20].

У [19] досліджувалася ефективність застосування комбінації поверхнево-активних речовин різних видів бактерій і лігандів йоду для видалення з ґрунту забруднення кадмію та фенатрену. У дослідних зразках (2,5 г ґрунту) наявні кадмій і фенатрен у концентраціях 1 мМ та 1 мг/мл відповідно, тривалість досліду — 72 год. За допомогою ПАР було видалено до 88,0 % забруднення фенатреном з усіх дослідних зразків. Одержані дані свідчать, що видалення кадмію з ґрунту збільшувалося пропорційно збільшенню концентрації ліганду у середовищі, особливо у тих варіантах, де були наявні ПАР *Bacillus subtilis* LBBMA 155, *Flavobacterium sp.* LBBMA 168 і TritonX-100. Максимальна ефективність очищення зразків від катіонів кадмію (99,2 %) спостерігалася за наявності *Arthrobacter oxydans* LBBMA 201 і *Bacillus sp.* LBBMA 111A. Максимальна активність для TritonX-100 становила 65,0 %. Тобто результати досліджень показали, що використання комплексу ПАР-ліганд може ефективно видаляти комплексні забруднення органічними речовинами з важкими металами [19].

У [21] встановлено, що штам *Pseudomonas sp.* LP1 завдяки синтезованим ПАР здатен споживати сиру нафту та дизель на 93 та 95 % відповідно. Ефективність деструкції нафти під дією мікробних ПАР (10 г/л) софороліпідної природи за наявності важких металів становила 30 % за перші 15 діб дослідження, метали фактично вимивалися із ґрунту та переходили у розчин. Додатково внесення софороліпідів у зразок супроводжувалося біологічним розкладанням

суміші із 2-метилнафталену, гексадекану й терпеноїду (прістану). Крім того, цей метод виявився ефективним для розкладання сирої нафти у ґрунті впродовж 80 діб на 72 %. Результати показали потенціал використання мікробного софоро ліпиду як перспективного препарату для застосування у технологіях біоремедіації довкілля. Використання софороліпідів (10 г/л) виявилось ефективнішим за використання хімічних засобів.

### Висновки

Проаналізувавши дані стосовно комплексних забруднень вуглеводнями та важкими металами, можна зробити висновок, що використання препаратів мікробних ПАР є ефективним і безпечним для відновлення забруднених біотопів.

Нами були проведені дослідження впливу препаратів ПАР *Acinetobacter calcoaceticus* IMB B-7241 на деструкцію комплексних з важкими металами ( $\text{Cd}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$ ) нафтових забруднень у ґрунті за зниженої температури.

Досліджено деструкцію нафти під дією препаратів ПАР *A. calcoaceticus* IMB B-7241 у вигляді постферментаційної культуральної рідини за наявності різних катіонів металів і при зниженій температурі. Встановлено, що при температурі 8—12 °С розкладання нафти на 90—95 % у ґрунті (20 г/кг), обробленому культуральною рідиною штаму IMB B-7241 (200 мл/кг ґрунту), відбувається у два рази повільніше, ніж в аналогічних умовах при вищій (22—25 °С) температурі. Встановлено, що за наявності  $\text{Cd}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$  (0,1—1,0 мМ) ступінь деструкції нафти у ґрунті (20 г/кг) під дією ПАР *A. calcoaceticus* IMB B-7241 при 8—12 °С на 60 добу становив 65—79 %, у той час як у варіантах без катіонів металів — 65—68 %. Найвищий ступінь розкладання нафти (77—79 %) спостерігався за наявності катіонів купруму, що може бути зумовлене тим, що  $\text{Cu}^{2+}$  є активатором алкангідроксилаз як штаму-продуценту ПАР, так і природної (автохтонної) нафтоокиснювальної мікробіоти. Одержані результати засвідчують можливість використання ПАР *A. calcoaceticus* IMB B 7241 у вигляді культуральної рідини для деструкції комплексних з важкими металами ( $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Cd}^{2+}$  і  $\text{Pb}^{2+}$ ) нафтових забруднень у ґрунті при зниженій температурі.

### Література

1. Mulligan C.N. Environmental applications for biosurfactants // Environ Pollution. — 2005. — Vol. 133, № 6. — P. 183—198.
2. Carla L., Marta H., Amaya F., Enrique R. Inventory of heavy metal content in organic waste applied as fertilizer in agriculture: evaluating the risk of transfer into the food chain. // Environ Sci Pollut Res — 2011. — DOI 10.1007/s11356-011-0444-1.
3. Neha S., Ranu G. Biological methods for speciation of heavy metals: different approaches. // Critical Reviews in Biotech. — 2010. — DOI: 10.1080/07388550903284462.
4. Hashima M.A., Soumyadeep M., Jaya N. S., Bhaskar S. Remediation technologies for heavy metal contaminated groundwater // Journal of Environmental Management. — 2011. — doi:10.1016/j.jenvman. 2011.06.009.

5. Singh N., Gadi R. Biological methods for speciation of heavy metals: different approaches // Critical Reviews in Biotechnology. — 2009. — DOI: 10.1080/07388550903284462.
6. Ozdemir G., Yapar S. Adsorption and desorption behavior of copper ions on Namontmorillonite: Effect of rhamnolipids and pH. // Journal of Hazardous Materials — 2008. — doi:10.1016/j.jhazmat.12.059.
7. Nessner V., Esposito E. Biotechnological strategies applied to the decontamination of soils polluted with heavy metals // Biotechnology Advances. — 2009 — doi:10.1016/j.biotechadv.09.002.
8. Khan S., El-Latif Hesham A., Qiao M., Rehman S. Effects of Cd and Pb on soil microbial community structure and activities // Environ Sci Pollut Res № 17. — P. 288—296.
9. Sotirova, A., Spasova D., Vasileva-Tonkova, E., Galabova, D. Effects of rhamnolipid-biosurfactant on cell surface of *Pseudomonas aeruginosa* // Microbiol. Res. — 2009. — Vol. 164. — P. 297—303.
10. De J., Ramaiah N. Characterization of marine bacteria highly resistant to mercury exhibiting multiple resistances to toxic chemicals // Ecological Indicators — 2006 — doi:10.1016/j.ecolind.05.002.
11. Cristani M., Naccari C., Nostro A., Pizzimenti A., Trombetta D., Pizzimenti F. Possible use of *Serratia marcescens* in toxic metal biosorption (removal) // Environ Sci Pollut Res — 2011 — DOI 10.1007/s11356-011-0539-8.
12. Lopes C., Herva M., Franco-Uría A., Roca E. Inventory of heavy metal content in organic waste applied as fertilizer in agriculture: evaluating the risk of transfer into the food chain // Environ Sci Pollut Res Int. — 2011. — Vol. 18, № 6. — P. 918—939.
13. Fernandes V.C., Albergaria J.T. Dual augmentation for aerobic bioremediation of MTBE and TCE pollution in heavy metal-contaminated soil // Biodegradation — 2009 — 20, № 3 — P. 75—82.
14. Juwarkar A., Nair A, Dubey K., Singh S., Devotta S. Biosurfactant technology for remediation of cadmium and lead contaminated soils // Chemosphere. — 2007 — Vol. 68 — P. 1996—2002.
15. Bondarenko O., Rahman P., J. Rahman T., Kahru A., Ivask A. Effects of Rhamnolipids from *Pseudomonas aeruginosa* DS10-129 on Luminescent Bacteria: Toxicity and Modulation of Cadmium Bioavailability // Microb Ecol. — 2010. — DOI 10.1007/s00248-009-9626-5.
16. Hazra C., Kundu D., Ghosh P., Dandi N., Chaudhari. A. Screening and identification of *Pseudomonas aeruginosa* AB4 for improved production, characterization and application of a glycolipid biosurfactant using low-cost agro-based raw materials // Chem Technol Biotechnol. — 2010. — Vol. 86 — P. 185—198.
17. Ilya B. Slizovskiy Y., Jason W. Kelsey Y., Paul B. Hatzinger B. Surfactant-facilitated remediation of metal-contaminated soils: efficacy and toxicological consequences to earthworms // Envir., Lawren. USA. — 2011. — Vol. 30. — P. 112—123.
18. Yeliz A., Macid N., Yesfîm Saga A. Removal of zinc ions from a soil component Na-feldspar // Y. Asf çi et al. / Desalination. — 2007. — doi:10.1016/j.desal.2007.01.205.

19. Pacwa-Płociniczak M., Plaza G.A., Piotrowska-Seget Z., Cameotra S.S. Environmental applications of biosurfactants: recent advances // Int. J. Mol. Sci. — 2011. — Vol 12, № 1. — P. 633—654.

20. Kang, S.W.; Kim, Y.B.; Shin, J.D.; Kim, E.K. Enhanced biodegradation of hydrocarbons in soil by microbial biosurfactant, sophorolipid // Appl. Biochem. Biotechnol. — 2010. — Vol. 160. — P. 780—790.

21. Song S., Zhu L., Zhou W. Simultaneous removal of phenanthrene and cadmium from contaminated soils by saponin, a plant-derived biosurfactant // Environmental Pollution. — 2008 — doi:10.1016/j.envpol.2008.06.018.

## **ПУТИ ОЧИСТКИ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ**

**Н.О. Антонюк, Н.А. Гриценко**

*Национальный университет пищевых технологий*

*В статье приведены данные по механическим, физико-химическим и биологическим методам очистки почв от тяжёлых металлов. Использование механических и физико-химических методов затратно и может приводить к новым экологическим проблемам, в то время как биологические методы считаются перспективными для использования в природоохранных технологиях. Одним из биологических методов очистки почв от тяжёлых металлов считается использование микроорганизмов и их метаболитов, в частности поверхностно-активных веществ, что позволяет ликвидировать 70—85 % катионов тяжёлых металлов из почвы. Микробные ПАВ могут применяться и для ликвидации комплексных с тяжёлыми металлами нефтяных загрязнений. В некоторых работах сообщается, что с помощью микробных ПАВ деструкция нефти составляет до 88 %, а тяжёлых металлов — до 68 %.*

**Ключевые слова:** тяжёлые металлы, итамм, поверхностно-активные вещества.

## THEORETICAL FOUNDATIONS FOR TOURIST DESTINATIONS FORMING

D. Basyuk

National University of Food Technologies

| Key words:                                                                                                   | ABSTRACT                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Tourism<br/>Destination<br/>Recreational resources<br/>Infrastructure<br/>Tourism product</i>             | This article examines current scientific views on the nature of tourist destinations that are the strategic business units and tourist points of tourist demand crystallization. Their structure in terms of resource and territorial, economic, managerial and marketing approaches has been investigated. Significant factors affecting the formation and typology of tourist destinations have been revealed. They are: the uniqueness and originality of tourism resources and attractions; transport and information availability; the development of tourism infrastructure and local community. Approaches of how to form tourist destinations of different nature and scale have been outlined. |
| <b>Article history:</b><br>Received 29.07.2014<br>Received in revised form 15.08.2014<br>Accepted 27.08.2014 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| <b>Corresponding author:</b><br>D. Basyuk<br><b>Email:</b><br>npnuht@ukr.net                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |

## НАУКОВО-ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ФОРМУВАННЯ ТУРИСТИЧНИХ ДЕСТИНАЦІЙ

Д.І. Басюк

Національний університет харчових технологій

У статті проаналізовано сучасні наукові погляди на сутність туристичних дестинацій, що виступають стратегічними одиницями туристичного бізнесу і точками кристалізації туристичного попиту. Досліджено їх структуру з точки зору ресурсно-територіального, економіко-управлінського та маркетингового підходів, розкрито суттєві фактори, які впливають на формування й типологію туристичних дестинацій, а саме: унікальність і оригінальність туристичних ресурсів і атракцій, транспортна та інформаційна доступність, розвиток туристичної інфраструктури й місцевої громади. Окреслено підходи до генезису туристичних дестинацій різного характеру та масштабу.

**Ключові слова:** туризм, дестинація, рекреаційні ресурси, інфраструктура, туристичний продукт.

Поступовий перехід суспільства від моделі життєзабезпечення до моделі змістовного проведення вільного часу, характерний для постіндустріальних країн, дає підстави прогнозувати подальше зростання туристично-рекреаційної сфери, урізноманітнення видів і форм діяльності з обслуговування туристів та екскурсантів, удосконалення територіальної організації туризму. За

даними Барометра міжнародного туризму Всесвітньої туристичної організації (ЮНВТО), у 2013 р. число міжнародних туристичних прибуттів зросло на 5 % і склало 1 087 млн., що на 52 млн. туристів більше, ніж у 2012 році. Крім того, експерти налічують в світі 5—6 млрд. внутрішніх туристів [1].

ЮНВТО прогнозує на 2014 р. збільшення числа міжнародних прибуттів на 4%—4,5%, що перевищує попередній довгостроковий прогноз (+3,8 % щорічно в період 2010—2020 рр.). До 2030 р. кількість міжнародних туристських прибуттів в усьому світі, як очікується, збільшиться в середньому на 3,3 % за період з 2010 р. по 2030 р. і буде складати 1 млрд. 800 млн. подорожуючих. Сучасна туристична індустрія забезпечує 9 % світового ВВП, 6 % світового експорту, кожне 9 робоче місце в світі, 1,3 трлн. дол. США доходу. Для 90 країн світу надходження від міжнародного туризму склали у 2013 р. більше 1 млрд. дол. США. [1]

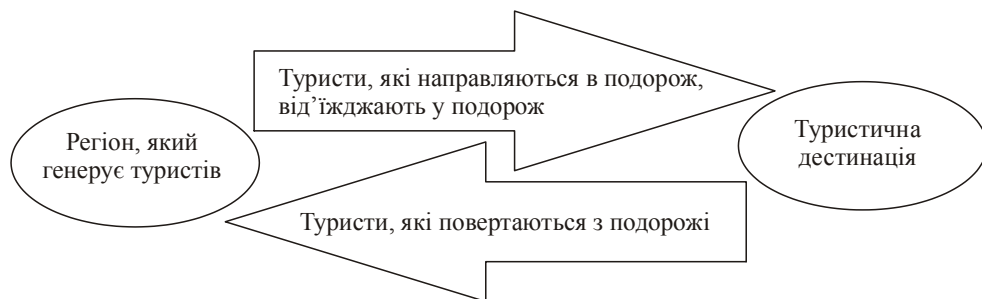
Сутність туризму як мобільної форми споживання і рекреаційної діяльності, яка ґрунтується на подоланні простору, пов'язана з характером середовища в широкому розумінні цього поняття, тобто природного довкілля, соціально-культурного середовища й економічної системи. На відміну від інших галузей господарства, продукцію яких транспортують до споживача, туризм зумовлює міграцію людей до місць зосередження туристично-рекреаційних ресурсів та об'єктів туризму. Споживання туристичного продукту в основній частині відбувається у визначеному туристом місці, тобто означене територіально. Цю місцевість прийнято трактувати як туристичний центр або туристична дестинація.

Термін «дестинація» в перекладі з англійської означає «місцезнаходження; місце призначення». Саме поняття «туристична дестинація» було введено у 1979 р. Н.Лейпером — професором Мейсенського університету (м. Окленд, Нова Зеландія) в контексті цілісної моделі туристичної сфери, що включає три основних геопросторових елементи: туристів, регіон, в якому формується туристичний продукт, і регіон, який генерує туристичні потоки (рис. 1).

Згідно з моделлю Н.Лейпера, головним суб'єктом туристичної системи є транзитний регіон, а регіон, куди направляються під час подорожі, визначається як туристична дестинація, тобто місцевість, яку відвідує турист і де надається й споживається комплекс туристичних послуг. За визначенням ученого, дестинація — це сукупність туристичних продуктів, сконцентрованих у часі на певній території; це товар, що має споживчу вартість [7].

Всесвітня туристична організація (ЮНВТО) вважає туристичну дестинацію визначальним елементом туристичної системи та розглядає її як провідний чинник у системі формування й доставки турпродукту [1].

Наукові дослідження особливостей формування й управління туристичними дестинаціями були здійснені зарубіжними вченими Н. Шмоллом, В. Матієнсоном, Дж. Суорброком, І. Зоріним, В. Квартальновим, М. Кабушкіним, К. Макаричевою, С. Ніколаєвим, Т. Румянцевою, Ю. Александровою, В. Боголюбовим, В. Орловською, В. Новіковим та ін. В Україні різні аспекти розвитку туристичних центрів вивчали О. Любіцева, Т.Ткаченко, С. Мельниченко, Г. Михайліченко, М. Бойко та ін.



**Рис. 1. Схематична модель системи туризму за Н.Лейпером**

Аналіз публікацій з проблеми туристичних дестинацій виявив три основні напрями наукового пошуку: географічний, або ресурсно-територіальний, економіко-управлінський, маркетинговий. Географічний підхід ґрунтується на дослідженні ключового елемента дестинації — ресурсного потенціалу території, що володіє привабливістю для туриста. При економіко-управлінському підході туристична дестинація розглядається як специфічний економічний простір, сукупність ринкових відносин, що забезпечує інтенсивне вироблення та споживання туристичних послуг, при цьому туристична дестинація аналізується як об'єкт управління, управлінська система, що поєднує різнопланові суб'єкти комерційної та некомерційної діяльності. Маркетологи розглядають розвиток дестинації з точки зору пропозиції турпродукту, який повинен відповідати актуальному попиту туристів різних цільових сегментів.

Підґрунтям для розуміння генези туристичної дестинації є дослідження територіальної організації туристичних ресурсів, аналізу рекреаційного потенціалу регіонів, виділення пріоритетних видів туризму, оцінки пропускнуго потенціалу території, представлені в працях В. Преображенського, Ю. Венедіної, М. Мироненка, І. Твердохлебова, М. Крачила, О. Любіцевої, О. Бейдика, Д. Ніколаєнка, І. Смірнова, Я. Олійника та ін. Так, у 70-х роках ХХ ст. В. Преображенським та Ю. Веденіною було сформульовано концепцію територіальних рекреаційних систем, яка є одним із системних трактувань організації туризму і відпочинку. Кожна територіальна рекреаційна система (ТРС) складається з п'ятих підсистем:

- учасники відпочинку (туристи);
- туристичні принади (природні й антропогенні);
- технічна і туристична інфраструктура (у тому числі місця для ночівлі, заклади харчування, транспортна мережа);
- персонал, що працює у сфері обслуговування туристів;
- установи, які управляють рекреаційною системою (наприклад, органи влади, місцевого самоврядування, пов'язані з функціонуванням туризму).

Ці підсистеми взаємодіють між собою і є взаємозалежними. Вони можуть розташовуватися в конкретній просторовій одиниці (регіоні, місцевості) або можуть бути окремо від неї, але системоутворюючим зв'язуючим елементом є туристичний рух.

Важливе місце у розумінні геопросторової організації туризму та механізмів формування туристичних дестинацій належить дослідженням О.О. Любіцевої. Дослідниця відзначає, що туризм як елемент національної господарської системи формується під дією об'єктивних умов: природи даної території, культури і населення, а також існуючої суспільно-політичної системи. «Інтегрованість індустрії туризму в певний суспільно-географічний простір визначається тісною взаємодією з іншими його складовими. В індустрії туризму компоненти та елементи соціально-демографічної структури представлені населенням з властивими йому демографічними характеристиками, системою розселення та господарювання є одночасно туристичними ресурсами, трудовими ресурсами та споживачами туристичних послуг» [4, с.91].

Удосконалену модель туристичної дестинації, яка поєднує геопросторові, економічні й управлінські аспекти і визначає особливості формування окремих форм і видів туризму розроблено українським науковцем Т. Ткаченко. На її думку, дестинація — це об'єкт (місто, регіон, район, місцевість, місце, заклад), який має туристично-рекреаційні ресурси (унікальні або специфічні), що є привабливими для подорожуючих, доступними завдяки наявності необхідної інфраструктури (зручності, послуги), доведення до споживача у формі сформованого та підготовленого до продажу туристичного продукту сучасними засобами маркетингових комунікацій (наявність логотипа, торгової марки тощо) в системі важелів інтегрованого управління суб'єктами господарювання [3, с.30].

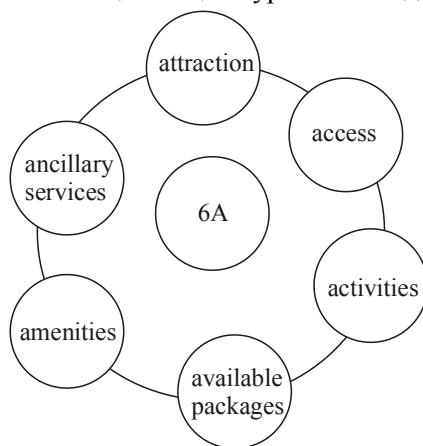
У російській науковій школі (І.В. Зорін, В.І. Квартальнов) дестинацію розглядають як об'єкт регіонального проектування територіальних рекреаційних систем на рівнях країна — регіон — ландшафт — центр — підприємство — маршрут. Дестинації можуть бути різної величини: територія країни, великого міста, маленького населеного пункту, окремого заповідника або музею. На думку І.В. Зоріна, будь-який об'єкт, що займає місце в позитивному образі ландшафту, місця, країни, є потенційною туристською дестинацією і може стати основою туристичного маршруту й увійти до каталогів туроператорів. Зазначені автори також диференціюють поняття туристичний центр, центр туризму й туристична дестинація, що, на нашу думку, не є доцільним [6].

Заслуговує на увагу модель туристичної дестинації, запропонована датськими фахівцями туризму О. Йоргенсенем, К. Купером, Д. Флетчером, які виділяють шість взаємопов'язаних елементів, що можна умовно означити як 6А (рис. 2):

- туристичні ресурси, пам'ятки, розваги (attraction);
- транспортна та інформаційна доступність (access);
- інфраструктура надання туристичних послуг (amenities);
- супутній сервіс (ancillary services);
- організація діяльності туристів (activities);
- формування туристичного продукту (available packages) [5].

Якщо уявити дестинацію як комплексний туристичний продукт, що включає атракції, інфраструктуру (засоби розміщення, ресторанного господарства, транспорт тощо), супутні послуги (торгівля, банки, засоби комунікації, заклали охорони здоров'я, правопорядку тощо), то вирішальну роль при виборі туриста

відіграє така її складова, як атракція. Атракція (англ. attraction; від лат. attrahere) — тяжіння, привабливість, здатність звертати увагу, викликати інтерес до будь-чого. Термін «атракція» запозичений з психології, де цим терміном позначається привабливість об'єкта, дії або людини, що викликає до них реакцію наближення; тяжіння чи прагнення. Саме характер і особливості атракцій, їх походження визначають спеціалізацію туристичних дестинацій.



**Рис.2. Структура туристичної дестинації**

Зі зростанням глобальної конкуренції на туристичному ринку, диверсифікації турпослуг дестинації стають досить легкозамінними, зростає конкурентна боротьба за туристичні потоки, успіх у якій забезпечується не тільки наявністю унікальних ресурсів, але й ефективним просуванням сформованого турпродукту на ринку. Маркетинговий підхід до туристичних дестинацій (Ф. Котлер, А. Дурович, К. Каспар, Н. Шмолл та ін.) передбачає вивчення й розробку стратегій маркетингових комунікацій, створення бренду дестинації та загального брендингу території. Дослідник К. Каспар образно визначає дестинацію як пункт кристалізації туристського попиту. Маркетингова модель дестинації включає такі основні характеристики: особисті та суспільні фактори мотивації; стимули до подорожі; якісні та маркетингові характеристики туристичного продукту дестинації (рис. 3) [2,с.32].

Узагальнюючи різні точки зору, ми пропонуємо розглядати туристичну дестинацію як місцевість, на якій зосереджено природні, природно-антропогенні й культурно-історичні рекреаційно-туристичні ресурси і яка має необхідну транспортну інфраструктуру та достатній рівень розвитку туристичної індустрії, що забезпечує формування конкурентоспроможного туристичного продукту.

Визначальним чинником становлення туристичної дестинації є її географічне розташування, яке визначає специфіку і характер туристичного обслуговування, пов'язує в єдине ціле увесь комплекс туристичних послуг і формує для відвідувача образ туристичного центру. У ряді випадків географічне розташування є джерелом мотивації, стимулом до поїздки (пляжі, гори, мінеральні джерела, об'єкти культурної, архітектурної, виробничої спадщини тощо). Серед важливих характеристик також слід виділити клімат (середня кількість со-

нячних днів у році, щомісячна температура, опади, вітер), рельєф, наземні та підземні водні ресурси, флора і фауна, наявність природних об'єктів з рекреаційними властивостями: термальних джерел, соляних печер, лікувальних грязей тощо.

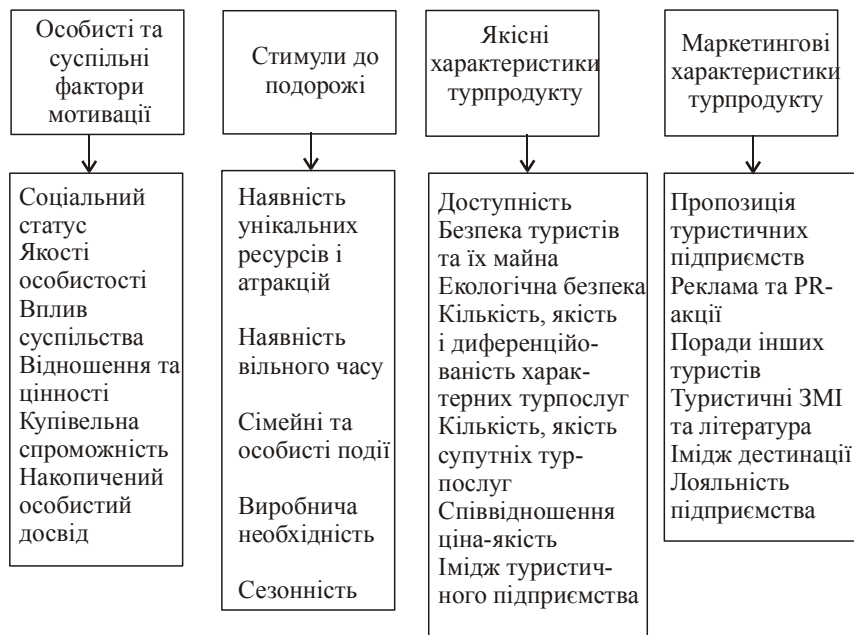


Рис. 3. Маркетингова модель туристичної дестинації

Суттєвим фактором, який визначає розвиток туристичного центру є його транспортна доступність, від якої залежить стабільність потоку відвідувачів. У це поняття входять наявність інфраструктури для різних видів транспорту, зручність під'їзних шляхів до туристичних об'єктів а також віддаленість місця призначення від регіонів, з яких приїжджають туристи. За високого транзитного потенціалу та рівня розвитку транспортної мережі туристичні центри отримують суттєві переваги на внутрішньому ринку, а також є більш привабливими для іноземних туристів. У сучасних умовах важливою складовою поняття доступності є наявність різноманітних каналів зв'язку та розвиток телекомунікаційних комп'ютерних технологій. Для ознайомлення з туристичним атракціями, бронювання авіа- і залізничних квитків, готельних номерів, вибору і купівлі турів, інших туристичних послуг активно використовуються глобальні комп'ютерні мережі (ГКМ).

Успішне формування дестинації значною мірою залежить від рівня розвитку інфраструктури туристичного центру. Крім загальної комунальної і транспортної інфраструктури, важливим елементом розвитку туристичного центру є специфічна туристична інфраструктура, яка повинна забезпечити характерні та супутні послуги, необхідні для подорожуючих. До складу туристичної інфраструктури входять:

- туристичні підприємства, до яких відносяться туристичні агенції та туроператорські компанії;

- гіді-екскурсоводи — люди, які спеціалізуються на організації туристично-екскурсійного супроводу, перекладу тощо;
- засоби розміщення — всі види підприємств у галузі розміщення: готелі, туристичні бази, пансіонати, вілли тощо;
- заклади ресторанного господарства, що надають послуги харчування під час відпочинку і подорожі (ресторани, кафе, бари, кейтерінг тощо);
- заклади розваг — підприємства, які займаються організацією дозвілля та розваг туристів: шоу-бізнес, тематичні парки й атракціони, театральні-концертні, спортивні організації та ін.;
- підприємства сервісу, які представляють супутні послуги: прокат автомобілів, страхування, побутові, банківські, медичні послуги тощо.

Важливим чинником становлення та розвитку туристичної дестинації є місцева громада, що приймає туристів. Її характеризують насамперед демографічні показники (вікова і статевая структура, міграція, рівень природного приросту населення, види зайнятості тощо), які є важливими при оцінці людських ресурсів регіону. Беруться до уваги провідні види економічної діяльності (сільське господарство, промисловість, сектор послуг), а також вплив цієї діяльності на навколишнє середовище. Суттєве значення має також рівень життя місцевих жителів: дохід і розподіл його серед різних верств населення, доступ до освіти, охорона здоров'я, соціальне забезпечення, духовний і культурний вимір життя суспільства, сформований історичною й архітектурною спадщиною і різними науковими, культурними та художніми подіями.

Часто туристичні центри з'являються стихійно в різних районах, без спеціальних зусиль з боку фахівців туризму або місцевої влади. Зазвичай, це мальовничі райони — гірські ландшафти, рівнинне полісся або узбережжя річок і морів, регіони, багаті мінеральними і термальними джерелами, грязями з лікувальними властивостями, що стають кліматичними чи бальнеологічними курортами (Трускавець, Куяльник, Миргород, Коблеве та ін.). Дестинації отримують розвиток за наявності унікальних природних об'єктів — водоспадів, печер, об'єктів флори і фауни, сприятливих умов для різних видів рекреаційної діяльності (Долина нарцисів, водопад «Шипот», печера «Кришталева» тощо).

Традиційними туристичними дестинаціями є місця, які високо цінувалися протягом тривалого часу через наявність унікальної художньої чи духовної спадщини і які були центрами відвідування навіть до виникнення сучасного феномена туризму (Київ, Львів, Кам'янець-Подільський, Запоріжжя). Іноді туристичними центрами стають маловідомі міста чи села, що пов'язані з особливими подіями та швидко приковують увагу громадськості. Це може бути тому, що в цьому місці відбулась видатна релігійна чи політична подія, був знятий фільм або відбуваються заходи історичного, культурного або мистецького характеру (Канів, Батурин, Хотин, Чинадієво).

У сучасних умовах туристичними центрами часто стають індустріальні об'єкти, які демонструють досягнення людства в галузі науки і техніки (високотехнологічні підприємства машинобудування, атомної й альтернативної енергетики, металургії, літакобудівної та космічної галузей), особливості технології виготовлення тих чи інших продовольчих або промислових товарів

масового попиту (кондитерські фабрики, хлібзаводи, виноробні підприємства, пивзаводи та заводи безалкогольних напоїв), підприємства кустарних промислів (гончарні, керамічні, ткацькі, складувні тощо) (МКК «ROSHEN», ТОВ «ПТК «Шабон», ІП «Кока-Кола Беверіджиз Україна»). Іноді об'єктами туристичного інтересу є місця техногенних катастроф (наприклад, Чорнобильська АЕС).

### **Висновки**

Туристичні дестинації виступають стратегічними одиницями туристичного бізнесу і точками кристалізації туристичного попиту. Аналіз та узагальнення підходів до розуміння дестинації в сучасній українській і міжнародній практиці дозволило виділити характерні риси дестинацій і проаналізувати їх структуру. Управління розвитком дестинацій різного рівня є важливим елементом стратегічного планування туристичної галузі на регіональному та національному рівнях. Місце розташування, масштаб і характер майбутньої дестинації повинні плануватися з метою досягнення кращої збалансованості в пересуваннях людей, щоб забезпечити оптимальний перерозподіл туристських потоків і сприяти економічному й соціальному розвитку різних регіонів.

### **Література**

1. UNWTO Highlights 2014 Edition. Режим доступу: <http://mkt.unwto.org>.
2. Туристські дестинації (теорія, управління, брендинг): монографія/ А.А. Мазаракі, Т.І. Ткаченко, С.В. Мельниченко та ін. За заг. ред. А.А. Мазаракі. — К.: Київ. нац. торг.- екон. університет, 2013. — 388 с.
3. Ткаченко Т.І. Сталий розвиток туризму: теорія, методологія, реалії бізнесу: монографія. — К.: Київ. нац. торг.- екон. університет, 2009. — 463 с.
4. Любіцева О.О. Ринок туристичних послуг ( геопросторові аспекти ). — К.: «Альтпрес», 2005. — 436 с.
5. Экономика туризма: теория и практика: учебное пособие / К. Купер, Д. Флетчер, Д. Гильберт и др. — СПб.: Омега, 1998. — Т. 1. — 200 с.
6. Зорин И.В., Квартальнов В.А. Энциклопедия туризма. Справочник. — М.: «Финансы и статистика», 2003. — 368 с.
7. Neil Leiper. Tourism Management. — Pearson Education Australia, 2004. — 455 p.

## **НАУЧНО-ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ФОРМИРОВАНИЯ ТУРИСТИЧЕСКИХ ДЕСТИНАЦИЙ**

**Д.И. Басюк**

*Национальный университет пищевых технологий*

*В статье проанализированы современные научные взгляды на сущность туристических дестинаций, выступающих стратегическими единицами туристического бизнеса и точками кристаллизации туристического спроса. Исследовано их структуру с точки зрения ресурсно-территориального, экономико-управленческого и маркетингового подходов, раскрыты существен-*

*ные факторы, влияющие на формирование и типологию туристических дестинаций, а именно: уникальность и оригинальность туристических ресурсов и достопримечательностей, транспортная и информационная доступность, развитие туристической инфраструктуры и местной общины. Определены подходы к генезису туристических дестинаций различного характера и масштаба.*

**Ключевые слова:** туризм, дестинация, рекреационные ресурсы, инфраструктура, туристический продукт.

УДК 332

## RISKS IDENTIFICATION IN THE ENTERPRISE

**J. Lysenko, E. Yuriy**

*Bukovina State Finance and Economics University*

**N. Korzh**

*Vinnitsa Trade and Economic Institute KNTEU*

---

**Key words:**

*Risk*

*Risk management*

*Risk classification*

*Risk identification*

*Risk assessment*

*Management of risks*

---

**Article history:**

Received 16.07.2014

Received in revised form

27.07.2014

Accepted 03.08.2014

---

**Corresponding author:**

J. Lysenko

E. Yuriy

**Email:**

zhannalysenko@gmail.  
com

e-yuriy@mail.ru

---

---

**ABSTRACT**

The article discusses theoretical approaches to risk identification, determines factors influencing the situation accompanying the emergence of risks and risk management procedure, as well as the place of risk management in the enterprise management system. The common functions and content of risk management are considered. An algorithm for risk management and risk management steps are described.

## ІДЕНТИФІКАЦІЯ РИЗИКІВ У ДІЯЛЬНОСТІ ПІДПРИЄМСТВ

**Ж.П. Лисенко, Е.О. Юрій**

*Буковинський державний фінансово-економічний університет*

**Н.В. Корж**

*Вінницький торговельно-економічний інститут КНТЕУ*

*У статті розглянуто теоретичні підходи до визначення ризиків, ідентифіковано чинники впливу на ризикову ситуацію, визначено процедуру управління ризиками та місце ризик-менеджменту в системі управління підприємством. Визначено загальні функції та зміст ризик-менеджменту. Розроблено алгоритм управління ризиками й охарактеризовано етапи управління ризиками на підприємствах.*

**Ключові слова:** *ризик, ризик-менеджмент, ідентифікація ризиків, оцінювання ризиків, управління ризиками.*

Ризики супроводжують діяльність будь-якого підприємства. Вони вносять зміни як у стратегічні, так і в тактичні плани функціонування підприємств, вимагають врахування й адекватної реакції на них менеджменту. В економічній літературі останніх років з'явилась достатня кількість публікацій, пов'язаних з ризиками й управління ними. Проте низка питань, які стосуються процедури управління ризиками, залишається невирішеною.

Вагомим внеском у розвиток теорії ризику стали праці таких науковців, як: А. Альгіна, І. Балабанова, П. Верченко, В. Вітлінського, С. Воробйова, В. Гранатурова, Л. Дугласа, С. Ілляшенко, А. Лобанова, С. Майєрса, Л. Тепмана, О. Шапкіна, Г. Чернової, О. Ястремського та ін.

В останні часи підвищується рухливість зовнішнього середовища, що вимагає більш гнучких та обґрунтованих рішень, в основу яких покладено врахування ризику, що дозволяє уникнути неефективних управлінських дій і забезпечити вищу якість управління.

Про зростання актуальності проблеми управління ризиками свідчить створення Інституту ризик-менеджменту (The Institute of Risk Management- IRM), [1], Федерації європейських асоціацій ризик менеджерів (Risk Management Standards) [2], яка розробила стандарти управління ризиками. Стандарти управління ризиками — це результат спільної роботи декількох провідних організацій, що займаються питаннями ризик-менеджменту у Великій Британії — Інституту ризик-менеджменту (IRM), Асоціації ризик-менеджменту і страхування (AIRMIC), а також Національного форуму ризик-менеджменту в суспільному секторі.

При розробці стандартів управління ризиками використовувалася термінологія Міжнародної організації зі стандартизації ISO/IEC Guide 73 Risk Management. За визначенням стандартів управління ризиками, ризик — це комбінація ймовірності події та її наслідків (ISO / IEC Guide 73) [2].

Але частіше за все в наукових публікаціях ризик визначають як імовірність певного рівня втрати частини доходу або збільшення витрат унаслідок виникнення ризикової ситуації. При цьому ризикова ситуація розглядається як несприятливий для функціонування підприємства та результатів його діяльності розвиток подій [3]. Крім того, ризик розглядається як рівень фінансової втрати, яка виражається у неможливості досягти визначеної мети, невизначеності результату, що прогнозується, суб'єктивності оцінювання результату, що прогнозується [4].

В економічній енциклопедії пропонується таке визначення ризику: ризик — це загроза виникнення непередбачуваних втрат очікуваного прибутку, доходу або майна, грошових коштів, пов'язана з випадковими змінами умов економічної діяльності, несприятливими обставинами, яка вимірюється частотою, ймовірністю виникнення того чи іншого рівня втрат, що перевищують величину прибутку, що очікується [5].

У [6] зазначається, що в літературі офіційне визнання одержали три варіанти інтерпретації визначення ризику:

Ризик — це можлива невдача, загроза, матеріальні та інші втрати, які можуть настати в результаті перетворення в життя обраного рішення.

Образ дій у неясній, невизначеній обстановці або як ситуативна характеристика діяльності її реалізації та можливих несприятливих наслідків у випадку невдачі, тобто ризик розглядається як можливість втрат або необґрунтованих дій.

Можливість позитивного (шанс) та негативного (втрати) відхилення в процесі діяльності від очікуваних значень.

Ризик супроводжує будь-яку діяльність підприємства, тому головним завданням при прийнятті управлінських рішень є передбачення ризику та можливість згладжування негативних наслідків прояву ризикової ситуації. Такий підхід дозволить вирішити управлінські проблеми, пов'язані з підвищенням ефективності господарської діяльності.

Можна виокремити основні елементи, які визначають сутність поняття ризик:

- можливість відхилення від визначеної мети, задля якої здійснювалась обрана альтернатива (відхилення як негативні, так і позитивні);
- імовірність досягнення бажаного результату;
- відсутність упевненості у досягненні встановленої мети;
- можливість матеріальних, моральних та інших втрат, пов'язаних із здійсненням обраної в умовах невизначеності альтернативи [7].

Існують різні підходи до класифікації ризиків. Так Г.В. Чернова [9] за місцем виникнення виокремлює ділові, організаційні, ринкові, кредитні, юридичні, техніко-виробничі ризики.

Ризики, до яких схильна організація, виникають як через внутрішні, так і зовнішні фактори. Ризики можуть бути диференційовані за такими категоріями: стратегічні, фінансові, операційні, загрози. До фінансових ризиків відносять процентну ставку, курс валют, кредити. До стратегічних — конкуренцію, зміни споживчого ринку, галузеві зміни. До операційних ризиків Міжнародна організація зі стандартизації відносить законодавство, культуру, раду директорів. При цьому основу загроз складають договори, природні загрози, постачальники, навколишнє середовище [2]. Однак такий підхід до визначення зовнішніх чинників, які формують загрози для підприємства, неоднозначний. Існують і інші думки.

Будь-які зміни у дії факторів зовнішнього середовища можуть стати причиною виникнення ризиків. Проте підприємство не може здійснити вплив для зміну їх дії. Використовуючи внутрішнє середовище і власні можливості, підприємство може лише мінімізувати негативний вплив шляхом адаптації до зовнішніх викликів. Швидкість адаптації до зовнішніх загроз виступає одним із чинників ефективної роботи організації, оскільки вміння передбачити та мінімізувати вплив загроз зовнішнього середовища дозволяє утримати конкурентні позиції, забезпечити підприємству конкурентні переваги.

До внутрішніх чинників [2] відносяться ліквідні кошти, грошовий потік, бухгалтерський облік, комерційну службу, персонал, дослідження, інтелектуальний капітал, інформаційні технології, майно, набір кадрів, продукцію та послуги. З таким визначенням внутрішніх чинників важко погодитись, адже в ньому знайшли відображення як складові зовнішнього середовища, так і окремі структурні підрозділи й результати діяльності підприємства.

На нашу думку, більш доцільно структурувати чинники як внутрішнього, так і зовнішнього середовища, що впливають на рівень ризиків діяльності

підприємств, за класичним підходом, який відображено в класичній літературі з менеджменту, маркетингу, стратегічного менеджменту тощо.

З огляду на те, що ризики можуть виникати у будь-якій сфері діяльності підприємства, важливу роль у забезпеченні ефективної діяльності організації буде відігравати управління ризиками. Врахування ризиків, як і будь-яка управлінська дія, вимагає особливих підходів. Саме тому особливого значення для мінімізації ризиків набуває якісне управління ними. Процес управління ризиками визначають як ризик-менеджмент.

Ризик-менеджмент є центральною частиною стратегічного управління організації. Це процес, який передбачає системний аналіз ризиків організацією кожного виду діяльності з метою максимальної ефективності кожного кроку і, відповідно, всієї діяльності в цілому [2].

Крім того, ризик-менеджмент визначають як діяльність, пов'язану з подоланням невизначеності у ситуації неминучого вибору, в процесі якої існує можливість кількісно і якісно оцінювати ймовірність досягнення передбачуваного результату, невдачі та відхилення від мети [8].

Ризик-менеджмент дозволяє мінімізувати втрати підприємств за рахунок можливості передбачення негативних впливів на організацію та здійснення заходів щодо їх нейтралізації.

Основне завдання ризик-менеджменту — це ідентифікація, оцінка, аналіз і управління ризиками. Ризик-менеджмент являє собою постійний процес, що передбачає аналіз розвитку організації в русі, а саме: минуле, сьогодення і майбутнє організації в цілому. Ризик-менеджмент повинен бути інкорпорований у загальну культуру організації, прийнятий і схвалений керівництвом, а потім донесений до кожного співробітника організації як загальна програма розвитку з постановкою конкретних завдань на місцях [2].

Ризик-менеджмент повинен будуватися на системному підході, що дозволяє здійснювати стратегічне, тактичне й оперативне планування та забезпечувати довгострокову діяльність підприємства зі значним ступенем імовірності досягнення встановленого рівня планових показників.

Ризик-менеджмент необхідно вбудувати в діяльність підприємства. В цьому разі основним завданням ризик-менеджменту буде своєчасне передбачення й оцінювання потенційної можливості виникнення ризику, розроблення заходів зі зменшення впливу ризикової ситуації на діяльність підприємства.

Управління ризиками в системі управління та реалізації стратегії можна представити як процес, який передбачає здійснення таких послідовних кроків (рис.).

В управлінні діяльністю підприємства визначення ймовірності й оцінювання ризику необхідне для здійснення як стратегічного планування, так і в процесі реалізації стратегії. Останнім часом частіше в управлінні діяльністю підприємств включається ризик-менеджмент.

Ризик-менеджмент дозволяє більш чітко зрозуміти бізнес-процеси, їх структуру, зміст і наповнення, відслідковувати зміни зовнішнього середовища та прогнозувати їх вплив на стан підприємства, забезпечувати ефективне використання ресурсів і капіталу, характеризувати підприємство як надійного партнера.

Оцінювання ризиків є важливою складовою загальної системи управління ризиками. Вона являє собою процес визначення кількісним або якісним способом величини (ступеня) ризику.



**Рис. Ідентифікація і оцінювання ризику в стратегічному управлінні діяльністю підприємства**

Можливо виокремити такі способи оцінювання ризику:

- оцінка ризику на основі фінансового аналізу;
- оцінювання ризику на основі доцільності витрат;
- оцінка ризику за допомогою теореми Маркова та нерівності Чебишева [7].

Для управління ризиками підприємства обирають собі оптимальний варіант оцінювання ризику, який залежить від сфери діяльності підприємства, стану зовнішнього середовища, розмірів підприємства, рівня кваліфікації ризик-менеджера.

## **Висновки**

Своєчасне передбачення й оцінювання наслідків ризикових подій дозволяє уникнути втрат від здійснення всіх видів діяльності виробничої, маркетингової, інвестиційної, постачальницької та фінансової діяльності підприємств. Вбудовування ризик-менеджменту в управління діяльності підприємства надає можливість підвищити ефективність їх діяльності. Процес ризик-менеджменту повинен бути формалізований для полегшення процедури ідентифікації проблеми та прийняття виважених управлінських рішень.

## **Література**

1. *Стандарты управления рисками*. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.theirm.org>.

2. Наказ Міністерства фінансів України № 995 от 14.09.2012 «Про затвердження Методичних рекомендацій з організації внутрішнього контролю розпорядниками бюджетних коштів у своїх закладах та у підвідомчих бюджетних установах». [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.minfin.gov.ua>.

3. Желтова Ю.В. Финансовые риски предприятий в современных условиях / Ю.В. Желтова // Вестник ОрелГИЭТ. — 2009. — № 12 — С. 7.

4. Экономическая энциклопедия / Институт экономики РАН; гл. ред. Л.И. Абалкин. — М.: ОАО Издательство «Экономика», 1999. — 1055 с.

5. Иода Е.В., Иода Ю.В., Мешкова Л.Л., Болотина Е.Н. Управление предпринимательскими рисками. 2-е изд. испр. и перераб. — Тамбов: Изд-во ТГТУ, 2002. — 212 с.

6. Александровская Н.И. Краткий анализ форм риска и его особенностей / Н.И. Александровская [Електронний ресурс] Режим доступу: <http://archive.nbuv.gov.ua>.

7. Поняття ризику і невизначеності. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.analizplus.com>.

8. Ніколайчук М.В. Ідентифікація ризиків підприємства / М.В. Ніколайчук, О.О. Терещенко // Друга Міжнародна науково-практична інтернет-конференція «Інновації та традиції в сучасній науковій думці» (15—17 серпня 2013 р.)

## **ИДЕНТИФИКАЦИЯ РИСКОВ В ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ**

**Ж.П. Лысенко, Э.О. Юрий**

*Буковинский государственный финансово-экономический университет*

**Н.В. Корж**

*Винницкий торгово-экономический институт КНТЕУ*

*В статье рассмотрены теоретические подходы к определению рисков, идентифицированы факторы влияния на рисковую ситуацию, определены процедура управления рисками и место риск-менеджмента в системе управления предприятием, а также общие функции и содержание риск-менеджмента. Разработан алгоритм управления рисками и охарактеризованы этапы управления рисками на предприятиях.*

**Ключевые слова:** *риск, риск-менеджмент, идентификация рисков, оценивание рисков, управление рисками.*

## MODERN TRENDS OF HOP GROWING IN UKRAINE

N. Kotkova, O. Kovalenko, O. Pechenoha

*Institute of Food Resources NAAS of Ukraine*

---

**Key words:**

*Hop  
Brewing industry  
Production of hops  
Hops yield  
Foreign trade hops*

**Article history:**

Received 29.07.2014

Received in revised form  
06.08.2014

Accepted 12.08.2014

**Corresponding author:**

N. Kotkova

**E-mail:**

nataly\_393@mail.ru

---

**ABSTRACT**

This paper investigates current trends of hop growing in Ukraine. It was found that the current yield of hops covers the needs of only 17.4 % of breweries. However, even 12-15 years ago, much of Russian and Ukrainian beer was produced using Ukrainian hops. Currently, their demand for hop has been fully satisfied by imports, ignoring the Ukrainian hops. Therefore, there is an urgent need for creating new hop fields and restoring hop in general, which would help solving the issues of population employment, social development of villages, particularly in Western and Northern Polesse, where hop is the main branch of agriculture.

## СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ ХМЕЛЯРСТВА В УКРАЇНІ

Н.С. Коткова, О.В. Коваленко, О.П. Печенога

*Інститут продовольчих ресурсів НААН України*

*У статті досліджено сучасні тенденції розвитку хмелярства в Україні. Виявлено, що врожай хмелю лише на 17,4 % покриває потреби пивоварних заводів. Проте ще 12—15 років тому велика частина російського і все українське пиво виготовляли з використанням українського хмелю. На сьогодні свої потреби в хмелесировині пивовари цілком задовольняють за рахунок імпорту, нехтуючи українським хмелем, тому існує нагальна потреба в закладанні нових хмільників і відновленні хмелярства в цілому, що буде сприяти вирішенню питань працевлаштування населення, розвитку соціальної сфери сіл, особливо західного та північного Полісся, де хмелярство є основною галуззю сільськогосподарського виробництва.*

**Ключові слова:** *хмелярство, пивоварна галузь, виробництво хмелю, урожайність хмелю, зовнішня торгівля хмелем.*

Хмелярство — галузь рослинництва, що вирощує хміль для одержання шишок, які є сировиною для пивоварної промисловості.

Пивоварна галузь, орієнтуючись на кінцевого споживача, виробляє нові сорти пива, якість яких дуже висока і залежить від сировини – води, хмелю та ячменю. Але з цих основних компонентів вітчизняні виробники стабільно забезпечені лише вітчизняною водою. Свого часу хмелярство було однією з найуспішніших галузей сільського господарства України, однак сьогодні вітчизняні пивовари змушені хміль імпортувати. Вказані тенденції зумовлюють потребу розглянути тенденції стабілізації та розвитку хмелярства в Україні для забезпечення виробництва пива.

Питання розвитку пивоваріння у полі зору багатьох вчених. Так, у наукових працях І.С. Єжова, В.В. Зіновчука, М.Г. Ковтуна, М.Ю. Костриці, І.П. Куровського, Й.Г. Рейтмана, В.М. Федорця, А.С. Шабранського відображені системні дослідження розвитку галузі й економічної ефективності виробництва хмелю. Однак питання інноваційного шляху розвитку хмелярських господарств, що дасть змогу підвищити ефективність виробництва хмелю в Україні для виробництва пива, досліджені недостатньо.

Метою дослідження є визначення сучасних проблем розвитку хмелярства в Україні, тенденцій і напрямів стабілізації галузі для забезпечення виробництва пива.

Методологічною та інформаційною основою дослідження є наукові праці вітчизняних та зарубіжних дослідників, матеріали періодичних видань, Internet-ресурси й аналітичні матеріали розвитку галузі пивоваріння в Україні.

Вітчизняне хмелярство досягло вершини виробництва в 70—80-х роках минулого століття. Наприкінці 80-х років ХХ ст. хміль вирощували на 10 тис. га поліських земель, валовий збір досягав 8 тис. т. Українським пивоварам тоді вистачало 20—25 % зібраного хмелю, залишки продавали переважно в Росію і країни Заходу. Український хміль купували такі відомі у світі “пивоварні” країни, як Німеччина і Чехословаччина. Україна посідала п’яте місце з виробництва хмелю після США, ФРН, Китаю та Чехословаччини [9]. Це надавало можливість повністю забезпечити внутрішні потреби України та частину хмелю відправляти за кордон. Незважаючи на те, що попит на хміль постійно зростає, сьогодні українські хмелярі лише частково задовольняють внутрішній ринок, хоча галузь має всі можливості для виробництва потрібної кількості шишок хмелю.

Порівняно з 1990 р. обсяги виробництва пива зросли, тому попит на хміль-сировину теж зріс. Особливістю споживчого ринку пива є те, що це насамперед ринок виробників, які створюють власні збутові мережі, визначають тактику й стратегію боротьби за споживача.

Чимало пивоварень сьогодні пристосувалися до роботи на імпортному солоді та хмелі. Зарубіжні інгредієнти вигідно відрізняються від вітчизняних не лише за якісними показниками — вони ще й дешевші. І залишились такими навіть в умовах 10-відсоткового ввізного мита на солод і 20-відсоткового — на хміль [1].

Зарубіжні постачальники, не бажаючи втрачати перспективний український ринок, знайшли резерви для того, щоб залишити свій товар конкурентоспроможним. Утім вибір у пивоварів не такий уже й великий. Так, хмелевий

екстракт, який завозять з Німеччини, зовсім не виробляється в Україні, а випуск хмелю в гранулах, розпочатий у Житомирі, — недостатній.

У 1990 р. в Україні загальна площа насаджень хмелю становила понад 7500 га, а валовий збір — 5555 тонн (рис. 1, 2).



**Рис. 1. Виробництво хмелю протягом 1990—2013 років**

*Джерело:* побудовано за даними Державної служби статистики України. Статистика сільського господарства та навколишнього середовища. Статистичний збірник «Рослинництво України»



**Рис. 2. Виробництво пива протягом 1990—2013 років**

*Джерело:* побудовано за даними Державної служби статистики України. Статистичний бюлетень «Виробництво промислової продукції за видами в Україні»

Виробництво пива при цьому складало майже 140 млн. дал. Починаючи з 2009 р., в Україні спостерігається різке скорочення насаджень і валового збору шишок хмелю. Так, у 1990—2013 рр. загальна площа насаджень хмелю скоротилася до 600 га, або майже на 92,0 %, а валове виробництво шишок хмелю зменшилось на 91,0 %, тоді як виробництво пива зросло на 98,40 % (табл. 1). За даними Державної служби статистики України площа насаджень хмелю в Україні станом на 01.01.2013 становить 710 га, з яких у 2013 р. хміль було зібрано лише з площі 429 га.

*Таблиця 1. Урожайність хмелю в Україні протягом 1990—2013 років*

| Роки     | Загальна площа насаджень хмелю, тис. га | Площа, з якої зібрано врожай, тис. га | Виробництво, тис. т | Урожайність, ц/га |
|----------|-----------------------------------------|---------------------------------------|---------------------|-------------------|
| 1990 рік | 7,4                                     | 6,5                                   | 5,5                 | 8,5               |
| 1995 рік | 5,2                                     | 4,6                                   | 2,7                 | 5,8               |
| 2000 рік | 2,0                                     | 1,5                                   | 0,7                 | 4,5               |

| Роки                                         | Загальна площа насаджень хмелю, тис. га | Площа, з якої зібрано врожай, тис. га | Виробництво, тис. т | Урожайність, ц/га |
|----------------------------------------------|-----------------------------------------|---------------------------------------|---------------------|-------------------|
| 2005 рік                                     | 1,3                                     | 1,1                                   | 0,6                 | 5,9               |
| 2006 рік                                     | 1,2                                     | 1,0                                   | 0,7                 | 6,4               |
| 2007 рік                                     | 1,1                                     | 0,9                                   | 0,7                 | 7,3               |
| 2008 рік                                     | 1,2                                     | 1,0                                   | 0,9                 | 9,6               |
| 2009 рік                                     | 1,3                                     | 1,0                                   | 1,3                 | 13,6              |
| 2010 рік                                     | 1,0                                     | 0,9                                   | 0,8                 | 8,2               |
| 2011 рік                                     | 0,8                                     | 0,8                                   | 0,7                 | 8,5               |
| 2012 рік                                     | 0,7                                     | 0,6                                   | 0,4                 | 7,6               |
| 2013 рік                                     | 0,6                                     | 0,5                                   | 0,5                 | 9,5               |
| Темп приросту 2013 р. порівняно з 2012 р., % | -14,29                                  | -16,67                                | 25,00               | 25,00             |
| Темп приросту 2013 р. порівняно з 1990 р., % | -91,89                                  | -92,31                                | -90,91              | 11,76             |

*Джерело:* сформовано за даними Державної служби статистики України. Статистика сільського господарства та навколишнього середовища. Статистичний збірник «Рослинництво України»

Щорічне споживання хмелепрепаратів в галузі складає близько 100 мільйонів гривень. За даними Мінагропроду, щорічна потреба у хмелепрепаратах пивоварної галузі України становить 900—950 тонн, або 124 тонни альфакислот, з яких використовується хміль спресований — менше 1 %, гранули хмелю — 34%, екстракти хмелю (в тому числі ізомеризовані) — майже 65 %.

Для вітчизняних виробників хмелю обсяг ринку складає лише 21,6 т  $\alpha$  кислот або 17,4 % від загальної потреби. Це пов'язано з тим, що на початку 90-х років минулого століття пивоварні заводи були придбані зарубіжними корпораціями, які працюють на сировині лише імпортного виробництва. В результаті цього зарубіжні виробники почали застосовувати стратегію витіснення вітчизняних хмелевиробників з ринку. Зменшення ввізного мита на продукцію хмелярства призвело до того, що у 1997 р. майже весь врожай хмелю залишився нереалізованим, і, як результат, виробництво хмелю стало збитковим, площі під хмелем суттєво зменшились, а виробництво хмелю у 1999 р. знизилось до 472 тонн.

Варто зауважити, що після прийняття у 1998—1999 рр. Закону України «Про захист національного товаровиробника від демпінгового імпорту» та особливо Закону України «Про збір на розвиток виноградарства, садівництва і хмелярства» почався вихід галузі з кризового стану. Валовий збір хмелю зріс з 589,2 т у 2004 р. до 1342,8 т у 2009 р., тобто у 2,3 раза, у 3 рази підвищилась його врожайність. Однак з урожаю 1342,8 т пивоварні заводи, а це тільки малопотужні, яким належить 6 % пивного ринку, та ПАТ «Оболонь», яке використовує у виробництві пива лише 25 % вітчизняної хмелесировини, закупили всього близько 500 т українського хмелю, що склало 29,9 т  $\alpha$ -кислот або 21,6 % від загальної потреби.

У зв'язку з цим стався новий спад виробництва хмелю, більше 30 хмелегосподарств припинили його вирощування.

Слід зазначити, що у радянські часи в Україні працювало 150—170 хмелярських господарств. Проте у 2013 р. в галузі хмелярства було зайнято 21 сільськогосподарське підприємство (ТОВ «Вертокиївка», СТОВ «Спілка хмелярів і пивоварів», ФГ «Еліта-хміль», ПАФ «Дружба», ПА «Щедрий урожай», державне підприємство дослідне господарство «Пасічна» НААН та ін.). При цьому в 2012 р. з ринку пішов найбільший оператор — компанія «Укрхміль», у якої був власний гранулятор (сучасні пивзаводи не використовують шишки хмелю, як у радянські часи, а застосовують хмелеві гранули або екстракт), хоча в країні існують сприятливі кліматичні умови, що дозволяють вирощувати ароматні сорти хмелю (містять мало смол і багато ефірних масел), які йдуть на виробництво преміального пива. Як відомо, у світовій торгівлі хмелем Україна відноситься до тих країн, які вирощують переважно ароматичні сорти хмелю, а для задоволення внутрішніх потреб у виготовленні рядового пива закуповують за кордоном хміль гірких сортів або продукти переробки з цих сортів [4]. Водночас потреба пивзаводів в ароматичному та гіркому сортах хмелю характеризуються співвідношенням 35 % до 65 %, аналогічне співвідношення притаманне гранулам та екстрактам. При цьому підприємства галузі хмелярства дотримуються зовсім протилежного співвідношення у виробництві ароматичного та гіркого хмелю (74 % до 26 %) [10, с.16]. Спресований хміль, який надходить з господарств, можуть купити лише малі пивзаводи або фармацевтичні та парфумерні підприємства.

Слід зауважити, що свої потреби в хмелесировині пивовари цілком задовольняють за рахунок імпорту, нехтуючи українським хмелем (табл. 2). Причини ситуації — втрата репутації через низьку увагу до якості хмелю внаслідок колишнього його дефіциту, низький асортимент продуктів переробки хмелю, неспроможність формування необхідних за обсягами партій чистосортної продукції, відсутність налагодженої ринкової інфраструктури збуту [6].

З метою поліпшення існуючої ситуації у галузі хмелярства та недопущення знищення однієї з основних галузей для регіону Полісся України за ініціативи Міністерства аграрної політики та продовольства України у квітні 2012 р. було підписано Меморандум про співпрацю між пивоварною та хмелярською галузями України.

Сторони взяли на себе зобов'язання в тримісячний термін погодити план кваліфікації постачальників хмелепрепаратів, а також план вирощування і переробки хмелесировини на 2012—2017 роки. Але, на жаль, після закінчення майже року жодних позитивних змін не відбулося. Хмелярі, як і раніше, мають намір продавати пивоварам те, що є, а не те, що потрібно.

По всьому світу виробництво хмелю дотується державою, оскільки вирощувати цю культуру непросто. Вона вимагає високородючих ґрунтів, особливих кліматичних умов, шпалер, потребує спеціального режиму сушіння, щоб не втратити хмелеве масло. Відповідно до розділу XIX Податкового кодексу, збір на розвиток виноградарства, садівництва і хмелярства, тимчасово, до 01.01.2018 р., встановлюється в розмірі 1,5 % від об'єкта оподаткування. Виро-

бники алкогольних напоїв і пива є платниками збору лише за умови реалізації ними цієї продукції у роздрібній торгівлі безпосередньо споживачам. При цьому Закон України від 09.04.1999 № 587—XIV «Про збір на розвиток виноградарства, садівництва і хмелярства», відповідно до пункту 2 розділу XIX Податкового кодексу, втратив чинність.

**Таблиця 2. Товарно-вартісна структура зовнішньої торгівлі хмелем протягом 2011—2013 років**

| Рік                                          | Експорт                 |                  | Імпорт                  |                  | Сальдо торговельного балансу, тис. дол. США |
|----------------------------------------------|-------------------------|------------------|-------------------------|------------------|---------------------------------------------|
|                                              | вартість, тис. дол. США | вага нетто, тонн | вартість, тис. дол. США | вага нетто, тонн |                                             |
| 2009 рік                                     | 592,9                   | 158,77           | 6184,8                  | 465,37           | -5591,9                                     |
| 2010 рік                                     | 565,9                   | 183,89           | 4563,9                  | 424,75           | -3998,0                                     |
| 2011 рік                                     | 346,0                   | 127,71           | 4991,5                  | 440,29           | -4645,5                                     |
| 2012 рік                                     | 343,9                   | 124,0            | 4926,8                  | 406,62           | -4582,9                                     |
| 2013 рік                                     | 233,0                   | 35,8             | 5969,1                  | 455,59           | -5736,1                                     |
| Темп приросту 2013 р. порівняно з 2012 р., % | -32,25                  | -71,13           | 21,16                   | 12,04            | Зменшення на 25,16 %                        |
| Темп приросту 2013 р. порівняно з 2009 р., % | -60,70                  | -77,45           | -3,49                   | -2,10            | Зменшення на 2,58 %                         |

*Джерело:* сформовано за даними Державної служби статистики України. Зовнішньоекономічна діяльність. Експорт-імпорт окремих видів товарів за країнами світу

За даними Мінагропроду, у 2011 р., із зібраних 645 млн. гривень на розвиток хмелярства було спрямовано лише 20 млн. гривень (з належних 100—120 млн.). Крім того, останні два роки дотації виплачувалися нерегулярно, тому багато сільгоспвиробників взагалі відмовилися займатися вирощуванням хмелю. Слід відмітити, що вітчизняні хмелепідприємства не в змозі забезпечити пивоварну галузь України у хмелі гранульованого типу. На сьогоднішній день галузь технічно неоснащена, техніка дуже дорога, крім того, нереалізовану продукцію необхідно переробляти (гранулятор) та зберігати (холодильники). Так, на даний час, в Україні працює дві машини виробництва Німеччини для виготовлення гранул хмелю типу — 90 з продуктивністю 1500 тонн на рік. Для вирішення питань раціонального використання державних коштів, спрямованих на підтримку розвитку хмелярства, з метою забезпечення ефективної роботи підприємств, конкурентоспроможності виготовленої продукції, галузь хмелярства до 2015 р. має бути забезпеченою сучасним обладнанням для виготовлення CO<sub>2</sub>-екстрактів гранул, холодильним обладнанням з регульованим газовим середовищем за рахунок коштів державної фінансової підтримки.

Слід відмітити, що в Україні зарубіжні пивоварні компанії використовують екстракти та гранульований хміль гіркого типу тільки іноземного походження, який дешевший на світовому ринку. Отже, ще на невизначену кількість часу українське пивоварство залишиться імпортозалежним, до того ж щорічно провідні компанії будуть пропонувати встановити квоти на пільговий увіз хмелю.

## Висновки

Таким чином, головним фактором стабілізації та розвитку хмелярства в Україні є переведення галузі на інноваційну основу, прискорене впровадження науково-технічних розробок, освоєння досвіду роботи вітчизняних і зарубіжних товаровиробників хмелю в нових ринкових умовах. На державному рівні необхідно розв'язати проблему збуту виробленої хмелярами України продукції — шишок хмелю.

Для того, щоб розв'язати проблему збуту продукції хмелярства та ще й за високими цінами і конкурувати із зарубіжними товаровиробниками, необхідно оптимізувати сортовий склад хмеленасаджень до вимог споживачів. Слід зазначити, що біоенергетичний потенціал високопродуктивних сортів хмелю (за кількістю  $\alpha$ -кислот) не використовується в повній мірі, площі під такими сортами є незначними. Необхідно збільшити частку високопродуктивних сортів у структурі площ хмільників з метою економії енергетичних витрат і підвищення ефективності одержаного біоенергетичного потенціалу.

Сприятливі для вирощування хмелю природно-кліматичні умови й оптимальний агрофон ґрунтів Північно-Західного регіону України, позитивна динаміка росту попиту на пиво порівняно з 1990 р. в умовах дефіциту хмелесировини вітчизняного виробництва, а також досить високий рівень безробіття населення даної території обумовлюють необхідність відродження галузі хмелярства для вітчизняної економіки.

## Література

1. *Про Митний тариф України*: Закон України ВР № 584—VII від 19 вересня 2013 року. — [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://zakon1.rada.gov.ua>
2. *Податковий кодекс України*: Кодекс від 02.12.2010 № 2755—VI. — [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://zakon1.rada.gov.ua>.
3. *Гладких О.* Українське хмелярство: стан і перспективи // Гладких О., Штанько І. / Пропозиція. Український журнал з питань агробізнесу. [Електронний ресурс]. — Режим доступу: — <http://www.propozitsiya.com>.
4. *Гладких О.* Сучасні аспекти ведення галузі хмелярства // О. Гладких / Електронний ресурс]. — Режим доступу: — <http://blogs.korrespondent.net>
5. *Офіційний сайт Державного комітету статистики України* — [Електронний ресурс]. — Режим доступу: [www.ukrstat.gov.ua](http://www.ukrstat.gov.ua).
6. *Передумови для розвитку* // Аграрний тиждень. Україна. — [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://a7d.com.ua>.
7. *Проценко А.В.* Інноваційне забезпечення галузі хмелярства / А.В. Проценко // Економіка АПК. — 2010. — № 8. — С. 112—117.
8. *Савченко Ю.І.* Проблеми сучасного хмелярства / Ю.І. Савченко, М.Г. Ковтун // Вісник аграрної науки. — 2003. — № 11. — С. 29—32.
9. *Мельник И.* Украина ожидает возвращения хмеля / И. Мельник, В. Марченко. [Електронний ресурс]. — Режим доступу: — <http://agroev.narod.ru>
10. *Муляр Т.С.* Стратегічне управління підприємствами галузі хмелярства: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. економ. наук: спец. 08.00.04 — економіка та управління підприємствами (за видами економічної діяльності) /

Т.С. Муляр; Житомирський національний агроекологічний університет. — Житомир, 2011. — 21 с.

11. Украинские пивовары отвергают отечественный хмель // Агробізнес. — [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://ianp.com.ua>

## **СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ХМЕЛЕВОДСТВА В УКРАИНЕ**

**Н.С. Коткова, О.В. Коваленко, А.П. Печенога**

*Институт продовольственных ресурсов НААН Украины*

*В статье исследованы современные тенденции развития хмелеводства в Украине. Выявлено, что урожай хмеля только на 17,4 % покрывает потребности пивоваренных заводов. Однако еще 12—15 лет назад большая часть российского и все украинское пиво производили с использованием украинского хмеля. В настоящее время свои потребности в хмелесырье пивовары вполне удовлетворяют за счет импорта, пренебрегая украинским хмелем, поэтому существует необходимость в закладке новых хмельников и восстановлении хмелеводства в целом, что будет способствовать решению вопросов трудоустройства населения, развития социальной сферы сел, особенно западного и северного Полесья, где хмелеводство является основной отраслью сельскохозяйственного производства.*

**Ключевые слова:** хмелеводство, пивоваренная отрасль, производства хмеля, урожайность хмеля, внешняя торговля хмелем.

УДК 331.2

## MAJOR SOCIAL GUARANTEES AND STATUS OF WAGES IN THE FOOD INDUSTRY OF UKRAINE

Yu. Spasenko

*Research Institute of labour and employment the Ministry of social policy and the  
NAS of Ukraine*

---

**Key words:**

*State social guarantees  
Food industry  
The average nominal  
Wages  
Gender gap  
Organizational and Legal  
forms of economic  
management*

---

**ABSTRACT**

In the context of the basic state social guarantees the state and dynamics of wages in the food industry in Ukraine in 2008—2013, compared with its size in the economy and industry of the country in general, in the context of organizational and legal forms of economic management of enterprises and gender balance of its levels analyzed in the article. Is revealed that the level of wages in the food industry is one of the lowest in comparison with other forms of economic activity, but while there is a slight tendency to its annual increase.

---

**Article history:**

Received 01.07.2014  
Received in revised form  
07.07.2014  
Accepted 25.07.2014

---

**Corresponding author:**

Yu. Spasenko  
**E-mail:**  
npnuht@ukr.net

---

## ОСНОВНІ СОЦІАЛЬНІ ГАРАНТІЇ І СТАН ЗАРОБІТНОЇ ПЛАТИ У ХАРЧОВІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ УКРАЇНИ

Ю.О. Спасенко

*НДІ праці і зайнятості населення Мінсоцполітики і НАН України*

*У статті в контексті основних державних соціальних гарантій здійснено аналіз стану і динаміки заробітної плати у харчовій промисловості України за 2008—2013 рр. порівняно з її розмірами в економіці та промисловості країни в цілому, в розрізі організаційно-правових форм господарювання підприємств і гендерного співвідношення її рівнів. Виявлено, що рівень заробітної плати у харчовій галузі є одним із найнижчих порівняно з іншими видами економічної діяльності, однак при цьому спостерігається незначна щорічна тенденція до його збільшення.*

**Ключові слова:** державні соціальні гарантії, харчова промисловість, середньомісячна номінальна заробітна плата, гендерний розрив, організаційно-правові форми господарювання.

Постановка проблеми. У кризових умовах функціонування економіки України достатньо актуальними питаннями є забезпечення робочих місць і заробітної плати у харчовій промисловості та інших галузях економіки.

На сьогоднішній день низький рівень доходів населення обумовлює низький рівень споживання продуктів харчування, що є основним чинником зменшення пропозиції з боку виробників харчової продукції. Це, у свою чергу, гальмує розвиток продовольчого комплексу країни та його конкурентоспроможність на світовому ринку, знижує ефективність використання робочої сили на харчових підприємствах й уповільнює інвестиційні та інноваційні процеси.

**Мета:** виявлення проблем низького рівня заробітної плати у харчовій промисловості України, зокрема впливу розмірів державних соціальних гарантій, значної диференціації заробітної плати в промисловості та переважання використання жіночої праці в цій галузі.

Виклад основного матеріалу. Харчова промисловість є основною складовою агропромислового комплексу й обробної промисловості України. Найбільшу частку працівників промисловості складають ті, хто працює на підприємствах харчової галузі. При цьому рівень заробітної плати у даному секторі є одним із найнижчих у країні (3110 грн. у 2013 р.), однак темпи її зростання високі порівняно з іншими видами діяльності. За підсумками року середня заробітна плата у харчовій галузі майже на 21 % не досягла середнього рівня в промисловості. Низький рівень заробітної плати у харчовій галузі свідчить про необхідність удосконалення механізму організації оплати праці на підприємствах.

За визначенням, заробітна плата — це винагорода за працю, обчислена, як правило, у грошовому виразі, яку власник або уповноважений ним орган виплачує працівникові за виконану ним роботу. Розмір заробітної плати залежить від складності й умов виконуваної роботи, професійно-ділових якостей працівника, результатів його праці та господарської діяльності підприємства, установи, організації і максимальним розміром не обмежується.

Мінімальна заробітна плата — це законодавчо встановлений розмір заробітної плати за просту, некваліфіковану працю, нижче якого не може провадитися оплата за виконану працівником місячну, годинну норму праці (робіт, послуг). До мінімальної заробітної плати включаються доплати за роботу в надурочний час, у важких, шкідливих, особливо шкідливих умовах праці, на роботах з особливими природними географічними і геологічними умовами й умовами підвищеного ризику для здоров'я, а також премії до ювілейних дат, за винаходи та раціоналізаторські пропозиції, матеріальна допомога тощо.

У разі, коли працівникові, який виконав місячну (годинну) норму праці, нарахована заробітна плата нижча за законодавчо встановлений мінімальний розмір заробітної плати, підприємство провадить доплату до її рівня.

Розмір мінімальної заробітної плати встановлюється, переглядається відповідно до статей 9 і 10 Закону України «Про оплату праці». Мінімальна заробітна плата є державною соціальною гарантією, обов'язковою на всій території України для підприємств, установ, організацій усіх форм власності і господарювання та фізичних осіб.

Заробітна плата підлягає індексації у встановленому законодавством порядку [1]. На 2014 р. у Державному бюджеті України було заплановано такі основні державні соціальні гарантії (табл. 1).

**Таблиця 1. Основні державні соціальні гарантії Державного бюджету України на 2014 рік (грн.)**

|                                      | 01.01.2014 —<br>30.06.2014 | 01.07.2014 —<br>30.09.2014 | 01.10.2014 —<br>31.12.2014 |
|--------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <b>Мінімальна заробітна плата</b>    |                            |                            |                            |
| У розрахунку на місяць               | 1218                       | 1250                       | 1301                       |
| У розрахунку на годину               | 7,30                       | 7,49                       | 7,80                       |
| <b>Прожитковий мінімум</b>           |                            |                            |                            |
| На одну особу (загальний показник)   | 1176                       | 1207                       | 1256                       |
| На дітей віком до 6 років            | 1032                       | 1059                       | 1102                       |
| На дітей віком від 6 до 18 років     | 1286                       | 1320                       | 1373                       |
| На працездатних осіб                 | 1218                       | 1250                       | 1301                       |
| На осіб, які втратили працездатність | 949                        | 974                        | 1014                       |

*Джерело:* Закон України „Про Державний бюджет України на 2014 р.» від 16.01.2014 № 719—VII. — [Електронний ресурс]. — Режим доступу : <http://zakon2.rada.gov.ua> [2]

Відповідно до Закону України «Про внесення змін до Закону України «Про Державний бюджет України на 2014 рік» від 27.03.2014 № 1165—VII, підвищувати мінімальну заробітну плату не будуть. Мінімальна заробітна плата залишається незмінною з грудня 2013 р. до кінця 2014 р.: 1218 грн. на місяць та 7,30 грн. за одну годину.

Прожитковий мінімум у 2014 р. також залишається незмінним: його загальний показник — 1176 грн., а для основних соціальних і демографічних груп населення він буде таким:

- на дітей віком до 6 років — 1032 грн.;
- на дітей віком від 6 до 18 років — 1286 грн.;
- на працездатних осіб — 1218 грн.;
- на осіб, які втратили працездатність — 949 грн.

До кінця 2014 р. не зростатимуть й інші показники, які залежать від розміру зазначених вище: максимальна величина доходу — 20706 грн. (1218 грн. х 17), з якого сплачують єдиний соціальний внесок, мінімальний і максимальний розмір єдиного внеску підприємців та ін. [3].

Статистичний аналіз заробітної плати у виробництві харчових продуктів, напоїв і тютюнових виробів показав, що середньомісячна номінальна заробітна плата штатного працівника у 2013 р. порівняно з 2012 р. збільшилася на 7,6 % і становила 3110 грн. (табл. 2). Загалом за досліджуваний період з 2008 р. по 2013 р. найбільші темпи зростання заробітної плати відносно попереднього року спостерігалися у 2008 р. — 32,3 %, а найменші — у 2013 р. (7,6 %). При цьому, за останні три роки спостерігалася спадна тенденція (на 12,7 в.п. у 2013 р. порівняно з 2010 р.).

Слід зазначити, що заробітна плата в харчовій галузі у 2013 р. склала 95,3 % середнього рівня по економіці, 82,6 % середнього рівня по промисловості та 94,1 % середнього рівня по переробній промисловості.

**Таблиця 2. Динаміка середньомісячної номінальної заробітної плати штатних працівників у виробництві харчових продуктів, напоїв і тютюнових виробів у 2008—2013 роках**

|                                                             | 2008 |                        | 2009 |                        | 2010 |                        | 2011 |                        | 2012 |                        | 2013* |                        |
|-------------------------------------------------------------|------|------------------------|------|------------------------|------|------------------------|------|------------------------|------|------------------------|-------|------------------------|
|                                                             | грн. | % до попереднього року | грн. | % до попереднього року | грн. | % до попереднього року | грн. | % до попереднього року | грн. | % до попереднього року | грн.  | % до попереднього року |
| Економіка                                                   | 1806 | 133,7                  | 1906 | 105,5                  | 2239 | 117,5                  | 2633 | 117,6                  | 3026 | 114,9                  | 3265  | 107,9                  |
| Промисловість                                               | 2017 | 129,8                  | 2117 | 105,0                  | 2580 | 121,9                  | 3120 | 120,9                  | 3500 | 112,2                  | 3763  | 108,2                  |
| Переробна промисловість                                     | 1849 | 127,0                  | 1856 | 100,4                  | 2281 | 122,9                  | 2759 | 121,0                  | 3085 | 111,8                  | 3305  | 106,9                  |
| Виробництво харчових продуктів, напоїв та тютюнових виробів | 1618 | 132,3                  | 1777 | 109,8                  | 2137 | 120,3                  | 2541 | 118,9                  | 2893 | 113,9                  | 3110  | 107,6                  |

*Джерело:* Статистичний щорічник України за 2012 рік / Державна служба статистики України; за ред. О. Г. Осауленка. — К. : ТОВ «Август Трейд», 2013 [4]

\* Дані за січень—грудень 2013 р.: Кількість, робочий час та оплата праці найманих працівників у грудні 2013 року / Експрес-випуск. — 27.01.2014 № 29/0/09.03вн—29—14. — [Електронний ресурс]. — Режим доступу : <http://www.ukrstat.gov.ua> [6]

У рівнях оплати праці у 2013 р. у переробній промисловості, як і в економіці в цілому, продовжувала спостерігатись міжгалузева диференціація [6]. Так, найбільш оплачуваними виявилися працівники, які працювали у виробництві основних фармацевтичних продуктів і фармацевтичних препаратів; у виробництві коксу, продуктів нафтоперероблення та в металургійному виробництві, виробництві готових металевих виробів, крім машин і устаткування. Розмір їх заробітної плати у 1,7, 1,4 та 1,3 раза перевищив розмір заробітної плати працівників харчової промисловості.

При цьому заробітна плата у харчовій промисловості у 1,7 раза була вищою, ніж у текстильному виробництві, виробництві одягу, шкіри, виробів зі шкіри та інших матеріалів і в 1,1 раза, — ніж у виробництві паперу та поліграфічній діяльності, а також у виробництві гумових і пластмасових виробів, іншої неметалевої мінеральної продукції.

Найближчими у 2013 р. до виробництва харчових продуктів, напоїв і тютюнових виробів за рівнями заробітної плати виявилися виробництво комп'ютерів, електронної й оптичної продукції, а також виробництво автотранспортних засобів, причепів і напівпричепів та інших транспортних засобів, де розміри середньомісячної заробітної плати склали відповідно 3083 грн. та 3274 грн.

Загалом розмір середньомісячної заробітної плати у виробництві харчових продуктів, напоїв і тютюнових виробів у 2,6 раза перевищував законодавчо

встановлені на грудень 2013 р. розміри мінімальної заробітної плати та прожиткового мінімуму для працездатних осіб (1218 грн.).

За даними Державної служби статистики України у 2012 р. (дані за 2013 р. відсутні) на підприємствах харчової промисловості працювало 177,0 тис. жінок, що склало 47,3 % до середньооблікової кількості працівників. Це на 7,4 в. п. більше, ніж частка жінок у переробній промисловості, і на 10,5 в. п. більше, ніж у промисловості в цілому. При цьому частка жінок у середньообліковій кількості працівників в економіці в цілому становила 52,5 %. Традиційно висока частка жінок серед працівників харчової промисловості є однією з основних причин формування значного рівня диференціації оплати праці в галузі (табл. 3).

**Таблиця 3. Заробітна плата жінок у виробництві харчових продуктів, напоїв і тютюнових виробів у 2011—2012 роках**

|                                                            | 2011                                                      |           |                                                      | 2012                                                      |           |                                                      |
|------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|-----------|------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|-----------|------------------------------------------------------|
|                                                            | Середньомісячна заробітна плата штатних працівників, грн. |           | Співвідношення заробітної плати жінок і чоловіків, % | Середньомісячна заробітна плата штатних працівників, грн. |           | Співвідношення заробітної плати жінок і чоловіків, % |
|                                                            | жінок                                                     | чоловіків |                                                      | жінок                                                     | чоловіків |                                                      |
| Економіка                                                  | 2272                                                      | 3035      | 74,9                                                 | 2661                                                      | 3429      | 77,6                                                 |
| Промисловість                                              | 2421                                                      | 3534      | 68,5                                                 | 2732                                                      | 3946      | 69,2                                                 |
| Переробна промисловість                                    | 2274                                                      | 3088      | 73,7                                                 | 2555                                                      | 3437      | 74,4                                                 |
| Виробництво харчових продуктів, напоїв і тютюнових виробів | 2231                                                      | 2830      | 78,8                                                 | 2531                                                      | 3220      | 78,6                                                 |

*Джерело:* Праця України 2011, 2012. / Державна служба статистики України ; відп. за випуск І. В. Сенік. — К. : ТОВ «Август Трейд», 2012—2013

У виробництві харчових продуктів, напоїв і тютюнових виробів у 2012 р. середньомісячна заробітна плата жінок дорівнювала 2531 грн., не досягши середнього рівня ані в економіці, ані в промисловості. При цьому співвідношення заробітної плати жінок і чоловіків у даній галузі склало 78,6 %, перевищивши значення даного показника як у переробній промисловості, так і в промисловості в цілому, при 77,6 % по економіці України. Порівняно з попереднім роком гендерний розрив у харчовій промисловості залишився майже незмінним, скоротившись лише на 0,2 в. п. Однак у середньому по економіці та промисловості у 2012 р. порівняно з 2011 р. відзначалось незначне зростання гендерного розриву в оплаті праці.

Слід зазначити, що, незважаючи на відсутність статистичних даних за 2013 р. (термін публікації офіційної статистики припадає на кінець року), основні тенденції щодо рівнів заробітної плати в економіці та промисловості України зберігаються.

Якщо розглядати заробітну плату у виробництві харчових продуктів, напоїв і тютюнових виробів у розрізі організаційно-правових форм господарювання підприємств, можна відзначити позитивну динаміку її зростання за

всіма формами господарювання (табл. 4). У 2012 р. порівняно з 2011 р. найбільші темпи зростання заробітної плати спостерігалися на комунальних підприємствах — 26,2 % (заробітна плата склала 2908 грн.) і приватних підприємствах — 22,2 % (1748 грн.). На підприємствах з іншими організаційно-правовими формами господарювання та у філіях (інших відокремлених підрозділах) темпи зростання заробітної плати були найменшими: 6,2 % (3478 грн.) та 9,3 % (2488 грн.) відповідно. Однак при цьому підприємства з найвищими темпами зростання заробітної плати мають найнижчі її рівні, і навпаки — підприємства з найнижчими темпами зростання мають одні з найвищих її рівнів.

**Таблиця 4. Заробітна плата штатних працівників за організаційно-правовими формами господарювання у виробництві харчових продуктів, напоїв і тютюнових виробів у 2012 році**

|                                         | Економіка  |                 | Промисловість |                 | Переробна промисловість |                 | Виробництво харчових продуктів, напоїв і тютюнових виробів |                 |
|-----------------------------------------|------------|-----------------|---------------|-----------------|-------------------------|-----------------|------------------------------------------------------------|-----------------|
|                                         | 2012, грн. | 2012 до 2011, % | 2012, грн.    | 2012 до 2011, % | 2012, грн.              | 2012 до 2011, % | 2012, грн.                                                 | 2012 до 2011, % |
| Державні підприємства                   | 3806       | 114,3           | 3792          | 116,0           | 3200                    | 118,5           | 2787                                                       | 115,7           |
| Комунальні підприємства                 | 2694       | 113,6           | 2755          | 111,0           | 2610                    | 114,9           | 2908                                                       | 126,2           |
| Відкриті акціонерні товариства          | 3897       | 116,6           | 4068          | 118,7           | 3553                    | 111,6           | 2488                                                       | 109,3           |
| Товариства з обмеженою відповідальністю | 2648       | 115,0           | 2584          | 113,6           | 2460                    | 111,7           | 2325                                                       | 115,2           |
| Філії (інші відокремлені підрозділи)    | 3777       | 113,8           | 4442          | 113,5           | 3449                    | 113,8           | 2960                                                       | 108,8           |
| Приватні підприємства                   | 1740       | 115,1           | 1722          | 111,0           | 1705                    | 115,4           | 1748                                                       | 122,2           |
| Інші організаційно-правові форми        | 3802       | 152,8           | 3734          | 114,8           | 3546                    | 114,6           | 3478                                                       | 106,2           |

*Джерело:* Праця України 2011, 2012 / Державна служба статистики України ; відп. за випуск І. В. Сенік. — К. : ТОВ «Август Трейд», 2012—2013

На підприємствах з виробництва харчових продуктів, напоїв і тютюнових виробів, які мають комунальну та приватну форми господарювання, рівні заробітної плати у 2012 р. перевищили її середні рівні у переробній промисловості та промисловості і економіці в цілому по Україні.

Проте на підприємствах харчової промисловості з державною формою власності, відкритих акціонерних товариствах, товариствах з обмеженою відповідальністю, філіях (інших відокремлених підрозділах), інших організаційно-правових формах господарювання рівні заробітної плати не досягли середніх рівнів переробної промисловості, промисловості в цілому й економіки.

## **Висновки**

Аналіз заробітної плати в харчовій промисловості виявив її загальний низький рівень порівняно із середнім рівнем у промисловості та економіці в цілому, зокрема через низький рівень державних соціальних гарантій, наявність значного рівня диференціації за статевою ознакою (гендерний розрив склав 78,6 %) та істотно низькі розміри заробітної плати на приватних підприємствах галузі, товариствах з обмеженою відповідальністю і відкритих акціонерних товариствах.

Зважаючи на це, на підприємствах харчової галузі існує необхідність удосконалення механізму організації оплати праці. Для цього необхідно забезпечити зростання заробітної плати за умови зниження її витрат на одиницю продукції та підвищити оплату праці кожного працівника у міру зростання ефективності діяльності підприємства в цілому.

Дотримання цих вимог має спонукати керівників підприємств до максимального використання існуючих наукових, технічних, організаційно-економічних і соціальних резервів підвищення ефективності виробництва та використання робочої сили.

## **Література**

1. *Чинне законодавство України*. — Київ: «Махаон», 2003. — С. 689.
2. *Закон України «Про Державний бюджет України на 2014 р.»* від 16.01.14 р. № 719—VII. — [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua>.
3. *Закон України «Про внесення змін до Закону України «Про Державний бюджет України на 2014 рік»* від 27.03.2014 р. № 1165—VII. — [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua>.
4. *Статистичний щорічник України за 2012 рік*. / Державна служба статистики України; за ред. О. Г. Осауленка. — К. : ТОВ «Август Трейд», 2013.
5. *Праця України 2011, 2012*. / Державна служба статистики України; відп. за випуск І. В. Сеник. — К. : ТОВ «Август Трейд», 2012 — 2013.
6. *Кількість, робочий час та оплата праці найманих працівників у грудні 2013 року* / Експрес-випуск. — 27.01.2014 № 29/0/09.03вн-29-14. — [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://www.ukrstat.gov.ua>.

## **ОСНОВНЫЕ СОЦИАЛЬНЫЕ ГАРАНТИИ И СОСТОЯНИЕ ЗАРАБОТНОЙ ПЛАТЫ В ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ УКРАИНЫ**

**Ю.О. Спасенко**

*НИИ труда и занятости населения Министерства труда и НАН Украины*

*В статье в контексте с основными государственными социальными гарантиями проведен анализ состояния и динамики заработной платы в пищевой промышленности Украины за 2008—2013 гг. по сравнению с её размерами в эко-*

номике и промышленности страны в целом, в разрезе организационно-правовых форм хозяйствования предприятий и гендерного соотношения её уровней. Выявлено, что уровень заработной платы в пищевой отрасли является одним из наименьших в сравнении с другими видами экономической деятельности, однако при этом наблюдается незначительная ежегодная тенденция к его увеличению.

**Ключевые слова:** государственные социальные гарантии, пищевая промышленность, среднемесячная номинальная заработная плата, гендерный разрыв, организационно-правовые формы хозяйствования.

## DEVELOPMENT OF FRANCHISING IN UKRAINE

L. Momot

National university of food technologies

|                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Key words:</b><br><i>Financial account</i><br><i>Immaterial assets</i><br><i>Trade mark</i><br><i>Franchising</i><br><i>Franchisor</i><br><i>Franchisee</i><br><i>Franchise</i> | <b>ABSTRACT</b><br>This article discusses some aspects of the accounting of franchise operations in Ukraine. The main accounting items of the franchise enterprise are outlined, the creation of which is predetermined by signing the franchise agreement. The paper considers the relationship between the franchisor and the franchisee, defines their relationship, commitment, cooperation and compensation procedures; highlights the franchise operations of intangible assets, liabilities arising prior to the franchisor, guarantees (mortgage rights on the equipment), the amortization of intangible assets (franchise), interest (using borrowed capital) and costs associated with the development of a new activity; describes the main advantages of a franchise that reduce operational costs and improve production efficiency. |
| <b>Article history:</b><br>Received 13.07.2014<br>Received in revised form 27.07.2014<br>Accepted 06.08.2014                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| <b>Corresponding author:</b><br>L. Momot<br><b>Email:</b><br>npnuht@ukr.net                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |

## РОЗВИТОК ФРАНЧАЙЗИНГУ В УКРАЇНІ

Л.В. Момот

Національний університет харчових технологій

*У статті розглянуто деякі аспекти обліку франчайзингових операцій в Україні. Визначено основні об'єкти обліку в підприємства-франчайзі, поява яких зумовлена підписанням договору франчайзингу, а також основні переваги франчайзингу, що дозволяють знизити операційні витрати та підвищити ефективність виробничої діяльності. Проаналізовано взаємовідносини між франчайзером і франчайзі (їх взаємовідносини, зобов'язання, процедуру взаємодії та винагороду). Охарактеризовано основні аспекти франчайзингових операцій з нематеріальними активами, зобов'язаннями, що виникають перед франчайзером, гарантії (заставні права на обладнання), нарахування амортизації на нематеріальні активи (франшизу), відсотки (у разі використання позикового капіталу), витрати, пов'язані з освоєнням нового виду діяльності.*

**Ключові слова:** фінансовий облік, нематеріальні активи, торговельна марка, франчайзинг, франчайзер, франчайзі, франшиза.

В економіці України виникли та розвиваються такі явища здійснення підприємницької діяльності, які успішно практикуються і використовуються у розвинутих країнах світу. Одним із таких явищ є франчайзинг (комерційна концесія).

Необхідність розвитку франчайзингу в Україні зумовлена втратою ринків збуту багатьма вітчизняними підприємствами в умовах загострення конкуренції на внутрішніх і зовнішніх ринках, відсутністю достатніх фінансових можливостей для запровадження нових технологій у виробництво, неконкурентоспроможністю порівняно із зарубіжними фірмами. Визначити зміст поняття франчайзингу та основні етапи розвитку франчайзингу в Україні з метою підвищення ефективності підприємницької діяльності.

В період входження України до Європейського Союзу об'єкти інтелектуальної власності стають предметом купівлі-продажу. Договірна передача прав інтелектуальної власності є ефективним засобом впровадження науково-технічних розробок. На цій основі виникли нові види договірних відносин – ліцензійний договір, договір франчайзингу, договір концесії тощо. З усіх видів договірних відносин, заснованих на передачі комплексу виключних прав на об'єкти інтелектуальної власності, договір франчайзингу є найбільш перспективним та ефективним способом ефективного ведення бізнесу.

Для нашої економіки франчайзинг є відносно новим явищем, у той час як у розвинутих країнах він практикується як засіб забезпечення потреб суспільства в різних послугах. Для малих підприємств та індивідуальних підприємців франчайзинг надає в розпорядження стабільний дохідний бізнес, для відомих фірм і компаній – можливість розширити й закріпити свої позиції на ринку.

У даний час розвиток українського підприємництва, насамперед малого та середнього бізнесу, ускладнений підвищеними комерційними ризиками. В Україні почав використовуватися один із інструментів підприємницької діяльності, який уже давно зарекомендував себе позитивно в Європейському Союзі — франчайзинг.

Сутність франчайзингу полягає у наданні одним суб'єктом підприємницької діяльності (франчайзером) права на здійснення певної діяльності з використанням його торговельної марки, технологій, ноу-хау та інших об'єктів інтелектуальної власності іншому суб'єкту підприємництва (франчайзі) протягом встановленого терміну на обмеженій території і на визначених умовах. Таке право має назву франшизи.

Франчайзинг є однією з найкращих бізнес-моделей у світі, яка надає можливість успішно розвивати малий і середній бізнес (МСБ). Вивченням теорії франчайзингу займаються зарубіжні (Ж. Дельтей, Ф. Котлер, Ж. Ламбен, М. Мендельсон, С. Шейн), а також вітчизняні вчені (Н.О. Ковальчук, Н.М. Широбокова, В.В. Шкромада, Є.Г. Кошелеві, В.І. Ляшенко та ін.).

Франчайзер (франшизіар) — це компанія, що видає ліцензію або передає в право користування свій товарний знак, ноу-хау й операційні системи. Франчайзер створює успішний продукт чи послугу, наприклад, особливий стиль роботи ресторану швидкого харчування. Франчайзер досліджує і розвиває бізнес, витрачає гроші на просування бізнесу, створює гарну репутацію і пізнаваний імідж (так званий “бренднейм”). Після того, як компанія довела працездатність своєї бізнес-концепції й успішну відтворюваність цього бізнесу, вона може почати пропонувати підприємцям, що хочуть повторити подібний успіх, купити її франшизу.

Франчайзі (франшизіат) — це людина або компанія, що купує у франчайзера можливість навчання й отримання допомоги при створенні бізнесу і виплачує сервісну плату (роялті) за використання товарного знаку, ноу-хау і системи ведення робіт франчайзера. Франчайзі сам оплачує витрати на створення бізнесу. Дуже часто франчайзер надає вигідні знижки на важливі постачання (матеріали, видаткові кошти). Ці знижки завжди надають можливість франчайзі купувати продукти у франчайзера за більш вигідною ціною і в такий спосіб це коштує дешевше, ніж розвивати бізнес без франчайзера. Франчайзі робить первісний внесок за допомогу зі створення й відкриття бізнесу. Франчайзі приймає на себе обов'язок виплачувати щомісячні внески за право користування торговим знаком і бізнес-системою, за підтримку, навчання і консалтинг, що надаються франчайзером.

Франшизу можна розглядати як повну бізнес-систему, яку франчайзер продає франчайзі. Така система передбачає франчайзинговий пакет, що включає посібники з ведення робіт та інші важливі матеріали, які належать франчайзеру.

Щоб одержати такі права, франчайзі робить первісний внесок франчайзеру, а потім виплачує щомісячні внески. Це своєрідна оренда, тому що франчайзі ніколи не стає повним власником товарного знаку, а лише має право використовувати товарний знак на період виплати щомісячних внесків. Суми цих внесків обмовляються у франчайзинговому договорі і є предметом переговорів. Франчайзинговий пакет (повна система ведення бізнесу, передана франчайзі) дозволяє відповідному підприємцю вести свій бізнес успішно, навіть не маючи попереднього досвіду чи знань навчання в даній галузі.

Франчайзинг можна розглядати як симбіоз “великого” і “малого” бізнесу. У світовій практиці розрізняють різні види франчайзингу. Вибір франчайзингу залежить від виду господарської діяльності; стабільності франчайзера та його місця на ринку товарів і послуг; особливостей ринку місцевого франчайзі. Виділяють три основних види франчайзингу – товарний франчайзинг, виробничий і діловий.

Товарний франчайзинг іноді називають «франчайзинг продукту (торгового імені)». Цей вид франчайзингу, як правило, використовується у сфері торгівлі для продажу готового товару. У товарному франчайзингу франчайзером виступає виробник, що продає продукт чи напівфабрикат дилеру-франчайзі. Останній здійснює передпродажне і післяпродажне обслуговування покупців продукції франчайзера і відмовляється від продажу товарів конкурентів. Це правило визначає взаємини партнерів – франчайзера і франчайзі-дилера.

При товарному франчайзингу франчайзі купує у франчайзера товари і після цього перепродає їх від імені франчайзера. В окремих випадках компанія власник товару має відношення і до оплати гарантійних послуг, відшкодування витрат на спільну рекламу. Для товарного франчайзингу характерна вузька спеціалізація франчайзі на реалізації одного або декількох видів товарів і надання послуг.

Іншим видом франчайзингу є виробничий франчайзинг. Цей вид франчайзингу найбільш широко представлений у виробництві безалкогольних напоїв.

Кожен із місцевих чи регіональних підприємств, що займаються розливом та пакуванням безалкогольних напоїв, є франчайзі від основної компанії. Компанії Coca Cola, Pepsi продають концентрати та інші складові, необхідні для виробництва місцевим компаніям, що займаються розливом напоїв.

Третій вид франчайзингу — це діловий франчайзинг, який іще називають «франчайзинг бізнес-формату». При цьому франчайзер продає ліцензію приватним особам чи іншим компаніям на право відкриття магазинів, кіосків або цілих груп магазинів для продажу покупцям своїх продуктів чи надання послуг під ім'ям франчайзера. При діловому франчайзингу потрібно, щоб франчайзі оплачував постійні внески, а також робив внески в рекламний фонд, що знаходиться у віданні франчайзера. Франчайзер може здати в оренду франчайзі необоротні активи, запропонувати йому фінансування.

Ринок франчайзингу в Україні розвивається. 29 грудня 2001 року розпочала свою діяльність Асоціація роботодавців у галузі франчайзингу. Головне завдання цієї Асоціації — представляти інтереси підприємців, які використовують франчайзингові договори, надавати їм практичну допомогу при організації та впровадженні на ринку України. На момент створення Асоціації на умовах франчайзингу в 2001 р. працювало декілька десятків підприємств.

Члени Асоціації — це:

- 164 мережі;
- більше 2300 підприємств;
- більше 57 тисяч персоналу;
- станом на кінець 2012 р. — 8,4 млрд. грн. оціночного обороту.

У 2009 р. створена Федерація розвитку франчайзингу України (далі ФРФУ). Ініціатором її створення була група компаній, яка зацікавлена у підтримці та розвитку малого й середнього бізнесу в Україні, інфраструктури та гостинності.

Беручи до уваги пріоритети України щодо інтеграції в Європейський Союз, головною метою діяльності ФРФУ є налагодження відносин співпраці міжнародного бізнесу з представниками влади, підприємцями та підприємствами в Україні.

На сьогоднішній день Федерація розвитку франчайзингу України є провідною організацією у галузі франчайзингу, гостинності та інфраструктури в країні. Федерація розвитку франчайзингу прогнозує у найближчий час прихід міжнародних операторів ринку нерухомості та найбільш відомих брендів ресторанного бізнесу.

Прибутковими й активними залишаються компанії, що розвивають іноземні інвестиції. Найбільш динамічним з точки зору інвестицій є ринок готельного бізнесу. Серед українських компаній безумовним лідером є компанія «Система швидкого харчування» (FFS).

Ринок ресторанного бізнесу займає найбільшу частку — близько 55 % від усіх брендів, які розвивають франчайзинг в Україні. Ринок роздрібної торгівлі — близько 35 %, 10 % — всі інші види діяльності.

За даними експертів Федерації розвитку франчайзингу (FDF), спостерігається висока перспективність галузевого розвитку бізнесу, які в перспективі будуть працювати на умовах франчайзингу. Згідно з дослідженнями Феде-

рації, 29 галузей економіки України є досить перспективними для залучення іноземних франшиз. Це розвиток освіти, реклами та інших послуг.

В Україні франчайзинг найбільш поширений серед малого і середнього бізнесу. Проте деякі представники великого бізнесу також почали практикувати цей вид партнерства, коли визначена кількість процесів виконується не власними працівниками, а парнерами-франчайзі.

На сьогоднішній день ринок франчайзингу в Україні продовжує зростати. Компанії, що раніше розвивали лише власну мережу, виходять на ринок із франчайзинговими пропозиціями (наприклад, “Кофе-хауз”, “Ельдорадо”, що створює підприємцю багато додаткових вигод і перспектив.

### Висновки

Франчайзинг має низку переваг, які дозволяють знизити операційні витрати та підвищити ефективність виробничої діяльності, що особливо важливо для України в сучасних умовах. Незважаючи на таку значну кількість переваг, на ринку франчайзингу існують проблеми, що потребують вирішення. До таких проблем варто віднести такі: необізнаність українських підприємців з основними принципами ведення бізнесу за умов франчайзингу; невідповідність правового регулювання франчайзингу змісту та стану розвитку комерційних відносин. Вимоги до реєстрації договорів комерційної концесії, які на сьогоднішній день регулюють відносини партнерів за системою франчайзингу; незахищеність франчайзі (особливо українських франчайзі у франчайзингових договорах з іноземними франчайзерами); відсутність детальної інформації про франчайзинг як метод ведення бізнесу; відсутність практики апробації бізнесу.

### Література

1. Плюси і мінуси франчайзингу // Робимо гроші. — 2011. — № 9. — С. 23—26.
2. Сайт Асоціації франчайзингу (України) [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.franchising.org.ua>.
3. Козицький Д. Франчайзинг як ефективна форма організації і ведення бізнесу // Довідник економіста. — 2006. — № 1. — С. 30—33.
4. Франчайзинг в Україні [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://top-franchising.com.ua>.

## РАЗВИТИЕ ФРАНЧАЙЗИНГА В УКРАИНЕ

Л.В. Момот

Национальный университет пищевых технологий

*В статье рассмотрены некоторые аспекты учета франчайзинговых операций в Украине. Определены основные объекты учета в предприятия-франчайзи, появление которых предопределено подписанием договора франчайзинга, а также основные преимущества франчайзинга, позволяющие снизить операционные расходы и повысить эффективность производственной деятельности. Рассмотрены взаимоотношения между фра-*

*нчайзером и франчайзи, определены их взаимоотношения, обязательства, процедура взаимодействия и вознаграждение. Охарактеризованы основные аспекты франчайзинговых операций по нематериальным активам, обязательствам, возникающим перед франчайзером, гарантии (закладные права на оборудование), начисления амортизации на нематериальные активы (франшизу), проценты (при использовании заемного капитала), расходы, связанные с освоением нового вида деятельности.*

**Ключевые слова:** *финансовый учет, нематериальные активы, торговая марка, франчайзинг, франчайзер, франчайзи, франшиза.*

## PHYSICAL SUFFICIENCY OF FOOD PRODUCTS AS A GUARANTEEING FACTOR OF FOOD SECURITY

T. Mostenska

*National University of Food Technologies*

---

**Key words:**

*Food security*

*Physical sufficiency*

*Food*

*Food balance sheets*

---

**Article history:**

Received 29.07.2014

Received in revised form  
15.08.2014

Accepted 27.08.2014

---

**Corresponding author:**

T. Mostenska

**Email:**

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

---

---

**ABSTRACT**

The article describes one of the criteria defining food security: physical availability of food in sufficient quantities. The definition of physical adequacy is given and factors that determine the state of physical sufficiency are characterized. The analysis of the existing scientific approaches enabled to expand the list of parameters characterizing physical sufficiency. Providing the population of Ukraine with main foodstuff is considered and the balance of these products is analyzed. The dynamics of production and consumption of major food groups is outlined and trends in providing Ukrainian population with food are identified.

---

## ФІЗИЧНА ДОСТАТНІСТЬ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ ЯК ЧИННИК ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОДОВОЛЬНОЇ БЕЗПЕКИ

Т.Г. Мостенська

*Національний університет харчових технологій*

*У статті розглянуто один із критеріїв, що визначає продовольчу безпеку — фізичну достатність продовольства. Надано визначення фізичної достатності й охарактеризовано показники, які визначають стан фізичної достатності. Проведений аналіз існуючих наукових підходів надав можливість розширити перелік показників, що характеризують фізичну достатність. Розглянуто забезпечення населення України основними харчовими продуктами, проаналізовано баланс по цих продуктах. Представлено динаміку виробництва та споживання основних груп харчових продуктів і визначено тенденції у забезпеченні харчовими продуктами населення України.*

**Ключові слова:** продовольча безпека, фізична достатність, харчові продукти, баланс продовольства.

Вступ. На конференції Організації Об'єднаних Націй зі стійкого розвитку, яка відбулась 20—22 червня 2012 р. у Ріо-де-Жанейро (Бразилія), зазначалось, що у 2011—2013 рр. загальна кількість людей, що страждають від голоду, складала 842 млн., тобто кожна восьма людина у світі не одержує достатню кількість їжі, щоб вести активний спосіб життя. Саме це стало передумовою

імплементації у державну політику більшості країн світу зобов'язань щодо забезпечення продовольчої безпеки. Повна ліквідація голоду як програми побудови майбутнього, вільного від голоду, передбачає узгодження програм для скорочення голоду та недостатнього харчування.

Питання забезпечення продовольчої безпеки останнім часом викликають дискусії у наукових колах. При цьому дискусії ведуться як навколо понятійного апарату, так і визначення механізму забезпечення доступності харчування для населення. Проблема продовольчої безпеки є актуальною також і для України.

Генеральна Асамблея ООН прийняла резолюцію, в якій підтверджена необхідність сприяння значному розширенню наукових досліджень з питань, пов'язаних із продовольством, харчуванням і сільським господарством.

Ступінь вивчення проблеми і постановка проблеми. Питаннями продовольчої безпеки займаються уряди більшості країн світу і неурядові організації, міжнародні організації, політики, соціологи, лікарі. Все більше публікацій з'являється з проблем продовольчої безпеки. Серед них праці В.Л. Корецького, Н.М. Орлової, О.І. Сергієнка, Н.С. Скопенко, І.А. Соколової, І.В. Федулової та ін.

Аналіз публікацій, присвячених проблемі продовольчої безпеки, дозволив зробити висновок, що для досягнення продовольчої безпеки країна повинна досягти трьох основних цілей: забезпечення достатності запасів продовольства з точки зору кількості, якості та різноманітності їжі; досягнення стабільності в потоці поставок; забезпечення сталого доступу до наявних харчових продуктів для всіх, хто їх потребує.

Досягнення цих цілей забезпечує реалізацію двох основних принципів продовольчої безпеки: фізичну доступність та економічну достатність.

Виклад основного матеріалу. За методикою ФАО фізична достатність продовольчої безпеки визначається групою показників, які характеризують умови для фізичного доступу до харчових продуктів і до яких віднесено: частку доріг із твердим покриттям у загальній протяжності доріг, щільність ліній залізниці, щільність доріг [1].

Слід зазначити, що фізична достатність, крім зазначених критеріїв, визначається можливістю населення задовольняти попит у харчових продуктах згідно з раціональними нормами споживання, що характеризується наявністю харчових товарів на внутрішньому ринку країни.

З огляду на це, на рівень продовольчої безпеки в частині забезпечення фізичної достатності впливають: природно-кліматичні умови країни; стан розвитку аграрного сектору; харчова адаптація до наявних продовольчих ресурсів (вибір харчових продуктів); існуючі методи виробництва та можливість їх зміни; розгалуженість торговельної мережі, глобалізація ринків харчових продуктів.

Фізична достатність може бути реалізована через наявність достатньої кількості продовольства на трьох рівнях: національному, регіональному та на рівні домашніх господарств.

Рівень фізичної достатності харчових продуктів на національному рівні (рівні країни) може визначатись рівнем самозабезпечення по окремих харчових продуктах, рівнем дефіциту продовольства та можливістю покриття дефіциту за рахунок імпорту, вартістю імпорту продовольства у загальному

обсязі імпорту країни, динамікою виробництва харчових продуктів на душу населення.

Випуск основних харчових продуктів характеризується різноспрямованою динамікою. Так, у структурі виробництва м'яса на одну особу відбулись зрушення у бік нарощування обсягів виробництва м'яса птиці (за досліджуваній період відбулося зростання більш ніж у 2,7 раза), скорочення обсягів виробництва яловичини більш ніж у 2 рази та зростання обсягів виробництва свинини на 114,3% (табл. 1).

**Таблиця 1. Динаміка виробництва найважливіших видів харчових продуктів, напоїв на одну особу, кг**

|                                                                  |            |              |              |              |              |              |
|------------------------------------------------------------------|------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Харчові продукти                                                 | 2005       | 2008         | 2009         | 2010         | 2011         | 2012         |
| 1                                                                | 2          | 3            | 4            | 5            | 6            | 7            |
| Яловичина і телятина, свіжі (парні) чи охолоджені                | 3,0        | 2,8          | 2,0          | 1,9          | 1,4          | 1,3          |
| Яловичина і телятина, морожені                                   | 1,1        | 0,9          | 0,6          | 0,5          | 0,4          | 0,4          |
| <i>Яловичина всього</i>                                          | <i>4,1</i> | <i>3,7</i>   | <i>2,6</i>   | <i>2,4</i>   | <i>1,8</i>   | <i>1,7</i>   |
| <i>Темпи росту до 2005 р., %</i>                                 | <i>100</i> | <i>90,2</i>  | <i>63,4</i>  | <i>58,5</i>  | <i>43,9</i>  | <i>41,5</i>  |
| 1                                                                | 2          | 3            | 4            | 5            | 6            | 7            |
| Свинина свіжа (парна) чи охолоджена                              | 1,7        | 3,4          | 2,8          | 3,6          | 4,4          | 4,2          |
| Свинина морожена                                                 | 0,4        | 0,3          | 0,1          | 0,2          | 0,2          | 0,3          |
| <i>Свинина всього</i>                                            | <i>2,1</i> | <i>3,7</i>   | <i>2,9</i>   | <i>3,8</i>   | <i>4,6</i>   | <i>4,5</i>   |
| <i>Темпи росту до 2005 р., %</i>                                 | <i>100</i> | <i>176,2</i> | <i>138,1</i> | <i>181,0</i> | <i>219,5</i> | <i>214,3</i> |
| М'ясо і субпродукти харчові свійської птиці, свіжі чи охолоджені | 5,8        | 12,4         | 14,1         | 15,1         | 16,2         | 16,7         |
| М'ясо і субпродукти харчові свійської птиці, морожені            | 1,2        | 1,8          | 2,0          | 2,0          | 1,8          | 2,1          |
| <i>М'ясо і субпродукти харчові свійської птиці всього</i>        | <i>7,0</i> | <i>14,2</i>  | <i>16,1</i>  | <i>17,1</i>  | <i>18,0</i>  | <i>18,8</i>  |
| <i>Темпи росту до 2005 р., %</i>                                 | <i>100</i> | <i>202,9</i> | <i>230,0</i> | <i>244,3</i> | <i>257,1</i> | <i>268,6</i> |
| Вироби ковбасні                                                  | 6,6        | 7,3          | 5,9          | 6,1          | 6,4          | 6,5          |
| <i>Темпи росту до 2005 р., %</i>                                 | <i>100</i> | <i>110,6</i> | <i>89,4</i>  | <i>92,4</i>  | <i>97,0</i>  | <i>98,5</i>  |
| Соки натуральні (включаючи концентровані)                        | 7,7        | 10,2         | 7,9          | 8,2          | 8,3          | 9,9          |
| <i>Темпи росту до 2005 р., %</i>                                 | <i>100</i> | <i>132,5</i> | <i>102,6</i> | <i>106,5</i> | <i>107,8</i> | <i>128,6</i> |
| Овочі консервовані натуральні                                    | 3,2        | 3            | 3,2          | 2,6          | 3,4          | 2,7          |
| <i>Темпи росту до 2005 р., %</i>                                 | <i>100</i> | <i>93,8</i>  | <i>100,0</i> | <i>81,3</i>  | <i>106,3</i> | <i>84,4</i>  |
| Джеми, желе фруктові, пюре та пасти фруктові чи горіхові         | 2          | 2            | 1,4          | 1,2          | 1,3          | 1,4          |
| <i>Темпи росту до 2005 р., %</i>                                 | <i>100</i> | <i>100,0</i> | <i>70,0</i>  | <i>60,0</i>  | <i>65,0</i>  | <i>70,0</i>  |
| Олія соняшникова нерафінована                                    | 29,3       | 40,3         | 60,2         | 65,2         | 69,5         | 83,3         |
| <i>Темпи росту до 2005 р., %</i>                                 | <i>100</i> | <i>137,5</i> | <i>205,5</i> | <i>222,5</i> | <i>237,2</i> | <i>284,3</i> |
| Маргарин і продукти аналогічні                                   | 6,4        | 6,8          | 7,7          | 7,9          | 7,9          | 7,2          |
| <i>Темпи росту до 2005 р., %</i>                                 | <i>100</i> | <i>106,3</i> | <i>120,3</i> | <i>123,4</i> | <i>123,4</i> | <i>112,5</i> |
| Молоко оброблене рідке                                           | 18,3       | 17,5         | 16,7         | 17,5         | 19,4         | 19,9         |
| <i>Темпи росту до 2005 р., %</i>                                 | <i>100</i> | <i>95,6</i>  | <i>91,3</i>  | <i>95,6</i>  | <i>106,0</i> | <i>108,7</i> |

*Продовження табл. 1*

| Харчові продукти                                                                           | 2005 | 2008  | 2009  | 2010  | 2011  | 2012  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1                                                                                          | 2    | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     |
| Вершки жирністю більше 8%                                                                  | 0,5  | 0,4   | 0,3   | 0,4   | 0,7   | 0,8   |
| Темпи росту до 2005 р., %                                                                  | 100  | 80,0  | 60,0  | 80,0  | 140,0 | 160,0 |
| Масло вершкове                                                                             | 2,5  | 1,8   | 1,6   | 1,7   | 1,7   | 1,9   |
| Темпи росту до 2005 р., %                                                                  | 100  | 72,0  | 64,0  | 68,0  | 68,0  | 76,0  |
| Спреди та суміші жирів                                                                     | 1,7  | 1,8   | 1,6   | 1,4   | 1,3   | 1,2   |
| Темпи росту до 2005 р., %                                                                  | 100  | 105,9 | 94,1  | 82,4  | 76,5  | 70,6  |
| Сир свіжий неферментований і сир кисломолочний                                             | 1,8  | 2     | 1,8   | 1,7   | 1,7   | 1,7   |
| Темпи росту до 2005 р., %                                                                  | 100  | 111,1 | 100,0 | 94,4  | 94,4  | 94,4  |
| Сири жирні                                                                                 | 5,8  | 5,1   | 4,9   | 4,5   | 3,9   | 3,7   |
| Темпи росту до 2005 р., %                                                                  | 100  | 87,9  | 84,5  | 77,6  | 67,2  | 63,8  |
| Продукти кисломолочні                                                                      | 10,6 | 11,5  | 10,7  | 10,4  | 10,4  | 10,7  |
| Темпи росту до 2005 р., %                                                                  | 100  | 108,5 | 100,9 | 98,1  | 98,1  | 100,9 |
| Вироби хлібобулочні                                                                        | 48,1 | 42,8  | 39,7  | 39,4  | 38,6  | 36,8  |
| Темпи росту до 2005 р., %                                                                  | 100  | 89,0  | 82,5  | 81,9  | 80,2  | 76,5  |
| Цукор білий кристалічний                                                                   | 45,4 | 34    | 27,7  | 39,3  | 56,6  | 47    |
| Темпи росту до 2005 р., %                                                                  | 100  | 70,7  | 57,6  | 81,7  | 117,7 | 97,7  |
| Шоколад та інші продукти харчові готові з вмістом какао (в брикетах, пластинах чи плитках) | 6    | 7,5   | 7,2   | 7,7   | 7,5   | 7,5   |
| Темпи росту до 2005 р., %                                                                  | 100  | 125,0 | 120,0 | 128,3 | 125,0 | 125,0 |
| Вироби кондитерські з цукру (включаючи білий шоколад), без вмісту какао                    | 6,1  | 5,4   | 5,8   | 5,5   | 5     | 4,7   |
| Темпи росту до 2005 р., %                                                                  | 100  | 88,5  | 95,1  | 90,2  | 82,0  | 77,0  |
| Вироби макаронні без начинки, не піддані тепловому обробленню                              | 2,2  | 2,4   | 2,3   | 2,5   | 2,9   | 2,3   |
| Темпи росту до 2005 р., %                                                                  | 100  | 109,1 | 104,5 | 113,6 | 131,8 | 104,5 |
| Води натуральні мінеральні негазовані, л                                                   | 3,1  | 7,6   | 6,2   | 6,8   | 7,4   | 8,5   |
| Темпи росту до 2005 р., %                                                                  | 100  | 245,2 | 200,0 | 219,4 | 238,7 | 274,2 |
| Води натуральні мінеральні газовані, л                                                     | 21,3 | 25,9  | 22,1  | 24,4  | 21,5  | 21,3  |
| Темпи росту до 2005 р., %                                                                  | 100  | 121,6 | 103,8 | 114,6 | 100,9 | 100,0 |
| Напої безалкогольні, л                                                                     | 35,9 | 37,3  | 32    | 32,3  | 31,6  | 31,7  |
| Темпи росту до 2005 р., %                                                                  | 100  | 103,9 | 89,1  | 90,0  | 88,0  | 88,3  |

*Джерело: розраховано автором за [2]*

По окремих групах харчових продуктів можна спостерігати скорочення обсягів виробництва на одну особу. Так на 1,5% скоротився обсяг виробництва ковбасних виробів, на 15,6 % зменшився обсяг виробництва овочевих консервів, на 30,0 % джемів, желе, фруктових пюре, на 24 % масла вершкового, 29,4 % спредів і жирових сумішей, на 5,6 % сиру свіжого неферментованого, на 36,2 % сирів жирних, на 23,5 % хлібобулочних виробів, на 23 % кондитерських виробів із цукру та безалкогольних напоїв — на 11,7 %.

По решті харчових продуктів зростання виробництва на одну особу коливається в значних межах: на 28,6 % виробництво соків, у 2,8 раза вироб-

ництво олії, на 12,5 % маргарину, обробленого молока на 8,7 %, вершків більше 8 % на 60 %, на 25 % виробництво шоколаду, макаронних виробів на 4,5 %, натуральних мінеральних негазованих вод — у 2,7 раза.

Такі зміни у виробництві харчових продуктів свідчать про зміну у формуванні попиту на внутрішньому ринку та можливі зміни у структурі експорту. Зміни у структурі споживання, пов'язані зі зміною обсягів виробництва та доступністю продовольства для населення, можна дослідити за допомогою балансів виробництва й споживання основних харчових продуктів.

Показником, який може характеризувати рівень фізичної достатності харчових продуктів на внутрішньому ринку, виступає співвідношення виробництва харчових продуктів на одну особу та раціональних норм споживання, затверджених Міністерством охорони здоров'я України. По представлених продуктах виробництво на одну особу на рік зростає, проте по м'ясу, молоку, плодах, ягодах та винограду виробництво на одну особу нижче раціональних норм споживання на 41 %, 34 % та 40 % відповідно (табл. 2).

**Таблиця 2. Виробництво і раціональні норми споживання основних харчових продуктів на 1 особу, кг на рік**

| Продукти               | 2005 | 2010 | 2011 | 2012 | Раціональні норми споживання (РНС), | Відхилення виробництва у 2012 р. від РНС |             |
|------------------------|------|------|------|------|-------------------------------------|------------------------------------------|-------------|
|                        |      |      |      |      |                                     | абсолютне                                | відносне, % |
| М'ясо                  | 34   | 45   | 47   | 49   | 80                                  | -31                                      | 39          |
| Молоко                 | 291  | 245  | 243  | 250  | 380                                 | -130                                     | 34          |
| Яйця, шт.              | 277  | 372  | 409  | 419  | 290                                 | 129                                      | 45          |
| Цукор                  | 45,4 | 39,3 | 56,6 | 47,0 | 39                                  | 8                                        | 21          |
| Картопля               | 413  | 408  | 531  | 510  | 129                                 | 161                                      | 125         |
| Овочі                  | 155  | 177  | 215  | 220  | 161                                 | 59                                       | 37          |
| Плоди, ягоди, виноград | 45   | 47   | 52   | 54   | 90                                  | -36                                      | 40          |

*Джерело: розраховано автором за [2,3]*

Для визначення можливості забезпечення населення харчуванням розглянемо наявний фонд споживання, який характеризує достатність продовольства для населення країни в цілому. Зіставлення виробництва та фонду споживання демонструє тенденції, характерні для можливостей самозабезпечення країною населення основними харчовими продуктами на рівні покупної спроможності (табл.3).

**Таблиця 3. Фонд споживання основних продуктів харчування населенням України (за календарний рік; тисяч тонн)**

| Показники                                                                  | 2000 | 2005 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 |
|----------------------------------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| <b>М'ясо і м'ясопродукти</b>                                               |      |      |      |      |      |      |      |
| Виробництво                                                                | 1663 | 1597 | 1917 | 2059 | 2144 | 2210 | 2389 |
| Фонд споживання                                                            | 1611 | 1844 | 2290 | 2384 | 2339 | 2478 | 2550 |
| Перевищення (+), нестача (-) фонду споживання над виробництвом: тисяч тонн | 52   | -247 | -373 | -325 | -195 | -268 | -161 |

| Показники                                                                  | 2000  | 2005  | 2009  | 2010  | 2011  | 2012  | 2013  |
|----------------------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Фонд споживання до виробництва, %                                          | 96,9  | 115,5 | 119,5 | 115,8 | 109,1 | 112,1 | 106,7 |
| <b>Молоко і молочні продукти</b>                                           |       |       |       |       |       |       |       |
| Виробництво                                                                | 12658 | 13714 | 11610 | 11249 | 11086 | 11378 | 11488 |
| Фонд споживання                                                            | 9789  | 10625 | 9780  | 9470  | 9363  | 9797  | 10050 |
| Перевищення (+), нестача (-) фонду споживання над виробництвом:            | 2869  | 3089  | 1830  | 1779  | 1723  | 1581  | 1438  |
| Фонд споживання до виробництва, %                                          | 77,3  | 77,5  | 84,2  | 84,2  | 84,5  | 86,1  | 87,5  |
| <b>Яйця (тисяч шт.)</b>                                                    |       |       |       |       |       |       |       |
| Виробництво                                                                | 508   | 753   | 919   | 985   | 1079  | 1104  | 1133  |
| Фонд споживання                                                            | 471   | 647   | 722   | 767   | 818   | 810   | 813   |
| Перевищення (+), нестача (-) фонду споживання над виробництвом: тисяч штук | 37    | 106   | 197   | 218   | 261   | 294   | 320   |
| Фонд споживання до виробництва, %                                          | 92,7  | 85,9  | 78,6  | 77,9  | 75,8  | 73,4  | 71,8  |
| <b>Хлібні продукти</b>                                                     |       |       |       |       |       |       |       |
| Виробництво                                                                | 24459 | 38016 | 46028 | 39271 | 56747 | 46216 | 63051 |
| Фонд споживання                                                            | 6141  | 5817  | 5145  | 5106  | 5047  | 4990  | 4933  |
| Перевищення (+), нестача (-) фонду споживання над виробництвом: тисяч тонн | 18318 | 32199 | 40883 | 34165 | 51700 | 41226 | 58118 |
| Фонд споживання до виробництва, %                                          | 25,1  | 15,3  | 11,2  | 13,0  | 8,9   | 10,8  | 7,8   |
| <b>Картопля</b>                                                            |       |       |       |       |       |       |       |
| Виробництво                                                                | 19838 | 19462 | 19666 | 18705 | 24248 | 23250 | 22259 |
| Фонд споживання                                                            | 6660  | 6386  | 6126  | 5914  | 6368  | 6394  | 6161  |
| Перевищення (+), нестача (-) фонду споживання над виробництвом: тисяч тонн | 13178 | 13076 | 13540 | 12791 | 17880 | 16856 | 16098 |
| Фонд споживання до виробництва, %                                          | 33,6  | 32,8  | 31,2  | 31,6  | 26,3  | 27,5  | 27,7  |
| <b>Овочі і баштанні продовольчі культури</b>                               |       |       |       |       |       |       |       |
| Виробництво                                                                | 6195  | 7606  | 8976  | 8873  | 10562 | 10815 | 10668 |
| Фонд споживання                                                            | 5002  | 5663  | 6312  | 6581  | 7440  | 7452  | 7431  |
| Перевищення (+), нестача (-) фонду споживання над виробництвом: тисяч тонн | 1193  | 1943  | 2664  | 2292  | 3122  | 3363  | 3237  |
| Фонд споживання до виробництва, %                                          | 80,7  | 74,5  | 70,3  | 74,2  | 70,4  | 68,9  | 69,7  |
| <b>Плоди, ягоди і виноград (без переробки на вино)</b>                     |       |       |       |       |       |       |       |
| Виробництво                                                                | 1966  | 2133  | 2087  | 2154  | 2418  | 2465  | 2871  |
| Фонд споживання                                                            | 1439  | 1750  | 2101  | 2203  | 2405  | 2432  | 2560  |
| Перевищення (+), нестача (-) фонду споживання над виробництвом: тисяч тонн | 527   | 383   | -14   | -49   | 13    | 33    | 311   |
| Фонд споживання до виробництва, %                                          | 73,2  | 82,0  | 100,7 | 102,3 | 99,5  | 98,7  | 89,2  |

| Показники                                                                  | 2000 | 2005 | 2009  | 2010 | 2011 | 2012 | 2013  |
|----------------------------------------------------------------------------|------|------|-------|------|------|------|-------|
| <b>Цукор</b>                                                               |      |      |       |      |      |      |       |
| Виробництво                                                                | 2147 | 2139 | 1275  | 1805 | 2586 | 2143 | 1263  |
| Фонд споживання                                                            | 1824 | 1795 | 1745  | 1704 | 1758 | 1713 | 1686  |
| Перевищення (+), нестача (-) фонду споживання над виробництвом: тисяч тонн | 323  | 344  | -470  | 101  | 828  | 430  | -423  |
| Фонд споживання до виробництва, %                                          | 85,0 | 83,9 | 136,9 | 94,4 | 68,0 | 79,9 | 133,5 |
| <b>Олія</b>                                                                |      |      |       |      |      |      |       |
| Виробництво                                                                | 1394 | 1437 | 2899  | 3101 | 3268 | 4067 | 3712  |
| Фонд споживання                                                            | 615  | 635  | 711   | 680  | 625  | 591  | 604   |
| Перевищення (+), нестача (-) фонду споживання над виробництвом: тисяч тонн | 779  | 802  | 2188  | 2421 | 2643 | 3476 | 3108  |
| Фонд споживання до виробництва, %                                          | 44,1 | 44,2 | 24,5  | 21,9 | 19,1 | 14,5 | 16,3  |

*Джерело: розраховано автором за [4 с. 36-40]*

За наведеними статистичними даними, виробництво харчових продуктів в Україні, менше за обсяги споживання, спостерігається лише по групі м'яса і м'ясних продуктів, починаючи з 2005 р., хоча за наведеними даними сукупне виробництво м'яса в Україні на одну особу зростає (табл.1). Проте варто відзначити, що розрив між споживанням і виробництвом скорочується, починаючи з 2009 року. Якщо у 2013 р. фонд споживання складав 2550 тис тонн і був вищим за обсяги виробництва на 161 т, або на 6,7%, то у 2009 р. ці показники складали: фонд споживання — 2290 тис. тонн, перевищення фонду споживання над виробництвом — 373 тис. тонн, або 19,5%. При цьому темпи росту показників фонду споживання перевищують показники темпів росту виробництва м'яса і м'ясопродуктів на 14,6 в. п. Така ситуація для забезпечення попиту вимагає імпортувати продукцію для створення балансу між виробництвом і споживанням. Саме тому майже 14% м'яса було імпортовано у 2013 році.

Фонд споживання по молоку і молочних продуктах складав 11488 тис. тонн у 2013 р. — 87,5% обсягу виробництва, тоді як у 2005 р. ці показники були на рівні 13714 тис. тонн і 77,5% відповідно. Але така тенденція пов'язана зі зменшенням обсягів виробництва та перевищенням темпів зниження фонду споживання над темпами зниження виробництва молока й молочних продуктів.

За період з 2000 р. до 2013 р. виробництво яєць виросло більш ніж удвічі (2,2 раза) — з 508 тис. штук до 1133 тис штук. Фонд споживання яєць за цей період також зростав, але значно повільнішими темпами — на 8%. Фонд споживання яєць склав 71,8% обсягів виробництва у 2013 р. порівняно з 92,7% у 2000 році.

Випереджаючі темпи зростання виробництва хлібопродуктів у 2,6 раза та зменшення фонду споживання на 19,7% стали причиною скорочення фонду споживання в обсягах виробництва з 25,1% у 2000 р. до 7,8% у 2013 році. Ви-

робництво хлібопродуктів в Україні є одним із найбільш експортоорієнтованих. Максимального рівня виробництва було досягнуто у 2013 р. — 63051 млн. тонн при мінімальному обсязі фонду споживання.

Виробництво картоплі має нестійку тенденцію: практично стабільні обсяги виробництва у 2000 р., 2005 р. та 2009 р. — 19,5—19,8 млн. тонн, незначне падіння спостерігалось у 2010 р. — до 18,7 млн. тонн, у 2011 р. відбулося зростання до 24,3 млн. тонн, два останніх роки спостерігалось повільне падіння виробництва. При цьому фонд споживання в обсягах виробництва у 2013 р. склав 27,7%. У 2013 р. було вироблено картоплі 22,3 млн. тонн при споживанні 6,16 млн. тонн. Порівняно з показниками 2000 р. виробництво картоплі у 2013 р. зросло на 12,2%, тоді як споживання за цей період скоротилось на 7,5%.

Виробництво овочів і баштанних продовольчих культур за досліджуваний період зросло від 6195 тис. тонн - до 10668 тис. тонн. Фонд споживання овочів і баштанних продовольчих культур складає 69,7% обсягів виробництва у 2013 р. порівняно з 80,7 % у 2000 р., що викликано більш повільними темпами споживання, ніж нарощування виробництва (зростання фонду споживання на 48,6 % у 2013 р. до рівня 2000 р. порівняно з 72,2% збільшення виробництва за цей же період).

Питома вага споживання плодів, ягід і винограду (без переробки на вино) у 2013 р. склала 89,2%. Протягом 2005 р. та 2010 р. по цих харчових продуктах спостерігалось перевищення споживання над виробництвом на 0,7 та 2,3% відповідно. При зростанні на 905 тис. тонн виробництва фонд споживання плодів, ягід і винограду (без переробки на вино) виріс на 1121 тис. тонн.

Найбільш нестійкою динамікою характеризується виробництво цукру. Мінімальний обсяг виробництва зафіксовано у 2013 р. (1263 тис. тонн), що менше за показник 2000 р. на 42,2%, тоді як у 2011 р. було вироблено максимальну кількість цього продукту — 2586 тис. тонн. Фонд споживання цукру демонструє стабільні обсяги, які коливаються на рівні 1,7 — 1,8 млн. тонн. У 2009 р. та 2013 р. нестача фонду споживання цукру порівняно з виробленими обсягами склала 470 та 423 тис. тонн відповідно.

Експортоорієнтованим є виробництво олії. Так, у 2013 р. фонд споживання займав лише 16,3 % у виробництві олії. При незначних коливаннях фонду споживання в межах 1,7-1,8 тис. тонн виробництво олії стрімко зростає — з 1394 тис. тонн у 2000 р. до 3712 тис. тонн у 2013 р., що відповідає збільшенню у 2,7 раза. Співвідношення темпів росту обсягів виробництва, що формують пропозицію на ринку харчових продуктів країни, і темпів росту обсягів споживання наведені в табл. 4.

**Таблиця 4. Співвідношення темпів росту обсягів виробництва і фонду споживання по основних продуктах (у відсотках до 2000 року)**

| Темпи росту                  | 2000  | 2005  | 2009  | 2010  | 2011  | 2012  | 2013  |
|------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| <b>М'ясо і м'ясопродукти</b> |       |       |       |       |       |       |       |
| Обсягів виробництва          | 100,0 | 96,0  | 115,3 | 123,8 | 128,9 | 132,9 | 143,7 |
| Фонду споживання             | 100,0 | 114,5 | 142,1 | 148,0 | 145,2 | 153,8 | 158,3 |

*Продовження табл. 4*

| Темпи росту                                            | 2000 | 2005  | 2009  | 2010  | 2011  | 2012  | 2013  |
|--------------------------------------------------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| <b>Молоко і молочні продукти</b>                       |      |       |       |       |       |       |       |
| Обсягів виробництва                                    | 100  | 108,3 | 91,7  | 88,9  | 87,6  | 89,9  | 90,8  |
| Фонду споживання                                       | 100  | 77,5  | 71,3  | 69,1  | 68,3  | 71,4  | 73,3  |
| <b>Яйця</b>                                            |      |       |       |       |       |       |       |
| Обсягів виробництва                                    | 100  | 148,2 | 180,9 | 193,9 | 212,4 | 217,3 | 223,0 |
| Фонду споживання                                       | 100  | 85,9  | 95,9  | 101,9 | 108,6 | 107,6 | 108,0 |
| <b>Хлібні продукти</b>                                 |      |       |       |       |       |       |       |
| Обсягів виробництва                                    | 100  | 155,4 | 188,2 | 160,6 | 232,0 | 189,0 | 257,8 |
| Фонду споживання                                       | 100  | 94,7  | 83,8  | 83,1  | 82,2  | 81,3  | 80,3  |
| <b>Картопля</b>                                        |      |       |       |       |       |       |       |
| Обсягів виробництва                                    | 100  | 98,1  | 99,1  | 94,3  | 122,2 | 117,2 | 112,2 |
| Фонду споживання                                       | 100  | 95,9  | 92,0  | 88,8  | 95,6  | 96,0  | 92,5  |
| <b>Овочі і баштанні продовольчі культури</b>           |      |       |       |       |       |       |       |
| Обсягів виробництва                                    | 100  | 122,8 | 144,9 | 143,2 | 170,5 | 174,6 | 172,2 |
| Фонду споживання                                       | 100  | 113,2 | 126,2 | 131,6 | 148,7 | 149,0 | 148,6 |
| <b>Плоди, ягоди і виноград (без переробки на вино)</b> |      |       |       |       |       |       |       |
| Обсягів виробництва                                    | 100  | 108,5 | 106,2 | 109,6 | 123,0 | 125,4 | 146,0 |
| Фонду споживання                                       | 100  | 121,6 | 146,0 | 153,1 | 167,1 | 169,0 | 177,9 |
| <b>Цукор</b>                                           |      |       |       |       |       |       |       |
| Обсягів виробництва                                    | 100  | 99,6  | 59,4  | 84,1  | 120,4 | 99,8  | 58,8  |
| Фонду споживання                                       | 100  | 98,4  | 95,7  | 93,4  | 96,4  | 93,9  | 92,4  |
| <b>Олія</b>                                            |      |       |       |       |       |       |       |
| Обсягів виробництва                                    | 100  | 103,1 | 208,0 | 222,5 | 234,4 | 291,8 | 266,3 |
| Фонду споживання                                       | 100  | 103,3 | 115,6 | 110,6 | 101,6 | 96,1  | 98,2  |

*Джерело: розраховано автором за [3]*

Існуючі обсяги пропозиції на ринку продовольства повинні забезпечувати необхідний рівень споживання харчових продуктів, проте по чотирьох групах харчових продуктів індикатор достатності споживання нижче 1, тобто по цих групах продовольства населення харчується нижче раціональних норм (табл.5). Надлишкова пропозиція на ринку харчових продуктів демонструє залежність виробництва харчових продуктів від зовнішнього ринку, оскільки по більшості груп харчових продуктів темпи росту пропозиції суттєво перевищують темпи росту попиту на них: олія, овочі, баштанні, хлібні продукти, яйця. При відкритті ринку продовольства Євросоюзу для України (за відповідності якості продукції стандартам якості європейських країн) ця продукція може сприяти переорієнтації торгівлі продовольством із втраченого ринку Росії на ринки європейських країн.

**Таблиця 5. Індикатори достатності споживання харчових продуктів (на особу на рік, кілограмів)**

| Харчові продукти                                | Фактичне споживання |       | Індикатор достатності споживання |      | Раціональна норма споживання |
|-------------------------------------------------|---------------------|-------|----------------------------------|------|------------------------------|
|                                                 | 2012                | 2011  | 2012                             | 2011 |                              |
| Хліб і хлібопродукти (у перерахунку на борошно) | 109,4               | 110,4 | 1,08                             | 1,09 | 101,0                        |

| Харчові продукти         | Фактичне споживання |       | Індикатор достатності споживання |             | Рациональна норма споживання |
|--------------------------|---------------------|-------|----------------------------------|-------------|------------------------------|
|                          | 2012                | 2011  | 2012                             | 2011        |                              |
| М'ясо і м'ясопродукти    | 54,4                | 51,2  | 0,68                             | 0,64        | 80,0                         |
| Молоко і молокопродукти  | 214,9               | 204,9 | 0,57                             | 0,54        | 380,0                        |
| Риба і рибопродукти      | 13,6                | 13,4  | 0,68                             | 0,67        | 20,0                         |
| Яйця (шт.)               | 307                 | 310   | 1,06                             | 1,07        | 290                          |
| Овочі і баштанні         | 163,4               | 162,8 | 1,01                             | 1,01        | 161,0                        |
| Плоди, ягоди і виноград  | 53,3                | 52,6  | <b>0,59</b>                      | <b>0,58</b> | 90,0                         |
| Картопля                 | 140,2               | 139,3 | 1,13                             | 1,12        | 124,0                        |
| Цукор                    | 37,6                | 38,5  | <b>0,99</b>                      | 1,01        | 38,0                         |
| Олія рослинна всіх видів | 13,0                | 13,7  | 1,00                             | 1,05        | 13,0                         |

У 2011 р. населення України споживало менше РНС чотири основних продукти: плоди, ягоди, виноград; риба і рибопродукти; м'ясо і м'ясопродукти; молоко і молокопродукти. По цих продуктах індикатор достатності споживання менше за одиницю. У 2012 р. до цих продуктів додався ще й цукор, індекс достатності споживання якого склав 0,99. По товарах, рівень достатності споживання яких менше за одиницю, у 2012 р. споживання зросло, порівняно з попереднім роком: м'яса і м'ясопродуктів — на 6,3 %, або на 3,2 кг на особу. Збільшення споживання відбулося як за рахунок нарощування реалізації худоби та птиці вітчизняними виробниками (на 3,1%), так і зростання імпорту м'ясопродуктів (в 1,7 раза); молока і молокопродуктів — на 4,9 %, або на 10 кг на особу, що обумовлено зростанням вітчизняного виробництва молокосировини (на 2,6 %); риби і рибопродуктів — на 1,5 %, або на 0,2 кг на особу.

### **Висновки**

Таким чином, до 2012 р. включно спостерігалась тенденція до покращення структури споживання, проте по групі продуктів тваринного походження індекси достатності споживання знаходяться все ще на низькому рівні. Проте зниження рівня покупної спроможності у кінці 2013 р. і особливо протягом 2014 р. неминуче спричинить погіршення структури споживання населення.

Крім того, по більшості основних харчових продуктів в Україні фонд споживання менший за наявне виробництво, тобто пропозиція перевищує існуючий попит, а рівень фізичної достатності продовольства в Україні відповідає в цілому рівню продовольчої безпеки. Подальше зростання споживання харчових продуктів населенням України можливе лише за умови зростання покупної спроможності населення.

### **Література**

1. *Індикатори продовольчої безпеки* [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.fao.org>.

2. *Україна в цифрах за 2013 рік. Статистичний щорічник України.* — К.: Державна служба статистики України, 2014.

3. *Гопка В.В.* Оцінка стану ринку продукції тваринництва України / В.В. Гопка, О.М. Корнілова [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://nauka.kushnir.mk.ua/>

4. *Баланси та споживання основних продуктів харчування населенням України. 2013 р. Статистичний збірник.* — К.: Державна служба статистики України, 2014. — 56 с.

## **ФИЗИЧЕСКАЯ ДОСТАТОЧНОСТЬ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ КАК ФАКТОР ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОДОВОЛЬСТВЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ**

**Т.Г. Мостенская**

*Национальный университет пищевых технологий*

*В статье рассмотрен один из критериев, который определяет продовольственную безопасность, — физическую достаточность продовольствия. Представлено определение физической достаточности и охарактеризованы показатели, которые определяют состояние физической достаточности. Проведенный анализ существующих научных подходов дал возможность расширить перечень показателей, которые характеризуют физическую достаточность. Рассмотрено обеспечение населения Украины основными пищевыми продуктами, проанализирован баланс по этим продуктам. Представлена динамика производства и потребления основных групп пищевых продуктов и определены тенденции в обеспечении пищевыми продуктами населения Украины.*

**Ключевые слова:** *продовольственная безопасность, физическая достаточность, пищевые продукты, балансы продовольствия.*

## ORGANIC PRODUCTS: ADVANTAGES AND DISADVANTAGES

N. Tikhonova, O. Mezhinska-Bruy

National University of Food Technologies

### Key words:

*Food security  
Sustainability  
Organic products*

### Article history:

Received 20.07.2014

Received in revised form

29.07.2014

Accepted 11.08.2014

### ABSTRACT

The article discusses advantages and disadvantages of organic products. These products are considered useful for people and safe for the environment, due to the fact that pesticides, chemical fertilizers and genetically modified products are not used in their manufacturing process. The essence of organic food products has been defined, as well as their influence on a human organism compared to inorganic ones.

### Corresponding author:

N. Tikhonova

### E-mail:

juzik\_n@mail.ru

## ОРГАНІЧНА ПРОДУКЦІЯ: ПЕРЕВАГИ І НЕДОЛІКИ

Н.О. Тіхонова, О.Ю. Межинська-Бруй

Національний університет харчових технологій

*У статті досліджено переваги і недоліки органічної продукції, яка вважається корисною для людини й безпечною для навколишнього середовища. Визначено зміст поняття «органічна продукція», з'ясовано особливості її впливу на організм людини порівняно з неорганічною.*

**Ключові слова:** *продовольча безпека, екологічність, органічні продукти*

Можливо органічна продукція — це модний тренд? А ринок органічної продукції — це індустрія з оборотами в мільярди доларів США, яка базується на бездумній, заснованій на рекламі і моді згоді покупців переплачувати за відчуття того, що вони вкладають кошти у щось корисне. Наприклад, у Великій Британії оборот індустрії органічних продуктів складає приблизно 2 мільярди фунтів у рік.

Сьогодні у світі поширюється рух противників органічного виробництва, які скептично ставляться до «корисності» чи, скоріше, «нешкідливості» так званих «чистих продуктів». Директор Центру глобальних продовольчих проблем Інституту Хадсона А. Евері вважає, що масовий перехід сільського господарства на органічне виробництво лише загострить проблему голоду на планеті, не поліпшуючи якості сільськогосподарської продукції. Про це він

говорить в своїй книзі «Правда про органічну їжу». На підтвердження своєї думки автор наводить низку фактів, які розвіюють оптимістичні прогнози прихильників органічної їжі. Наприклад, вчені Данії на замовлення влади провели дослідження і з'ясували, що при переведенні всього сільського господарства Данії на органічне виробництво падиння сільгоспвиробництва складе 47 %, а для отримання органічних добрив потрібно на 30 % скоротити площі, які сьогодні зайняті зерновими, та на 70 % ті, що зайняті під посів картоплі. Площі ж задіяні під луки, навпаки, зростуть на 160 %.

Якщо розглядати проблему у світовому масштабі, то для заміни всіх азотних добрив на органічні потрібно збільшити поголів'я великої рогатої худоби до 6 мільярдів голів, тоді як сьогодні нараховується лише 1,6 мільярда. Для їх утримання людство буде вимушене зрубати всі ліси на планеті. За статистикою, корови, які пасуться на луках, потребують у 3 рази більше пасовищ на одиницю виробленого м'яса, ніж ті, що вигодовуються зерном. Крім того, вони виробляють на 43 % більше метану, що сприяє глобальному потеплінню на планеті.

Для вирощування рослин і захисту їх від шкідників в органічному виробництві дозволено застосування лише органічних добрив і засобів боротьби зі шкідниками. Але багато з них є більш токсичними, ніж їхні аналоги неорганічного походження. Наприклад, грибкові захворювання рослин лікують речовинами, до складу яких входить мідь. На відміну від сучасних пестицидів, що повністю розкладаються в ґрунті, мідь залишається назавжди і є небезпечною для здоров'я людини. До того ж органічних добрив і «пестицидів» потрібно в рази більше, бо вони менш ефективні. Частота застосування та концентрація таких речовин у продуктах і ґрунті в 3 - 10 разів вища, що негативно впливає на стан навколишнього середовища та здоров'я людини. З іншого боку, хімічна наука сьогодні досягла великих успіхів. Ядохімікати та хімічні добрива вносяться у мізерних об'ємах та з великими проміжками у часі, що дозволяє мінімізувати негативний вплив цих речовин при отриманні стійкого позитивного ефекту.

Вирощування рапсу на біопаливо виснажує та спустошує землі, на яких він росте. І якщо на ці цілі відвести 25 % усіх сільськогосподарських угідь, то замінити біопаливом можна лише 10 % нафти, що сьогодні споживається світом.

Для посадки органічної картоплі потрібно більше енергії, хоча врожай у 2,5 рази нижчий, порівняно із звичайним вирощуванням. Теплиці для вирощування органічних овочів у Британії в три рази більше забруднюють навколишнє середовище, забруднені шкідливими бактеріями і потребують у 4 рази більше води, ніж звичайні поля.

Найродючішими вважаються землі у верхньому шарі, де знаходиться велика кількість бактерій і черв'яків. При обробці земель органічним способом за допомогою плугу руйнується саме цей дорогоцінний верхній шар. Сучасний гербіцидний спосіб обробки земель, навпаки, зберігає його та його мешканців.

Органічний спосіб ведення господарства є неетичним. Він не дає можливості нагодувати все населення планети через невелику врожайність,

але при цьому він набагато більш витратний за рахунок не тільки ручної праці, а й природних ресурсів.[11]

До цих висновків слід додати і такі:

- зовнішній вигляд органічної продукції значно поступається вигляду продукції, одержаної із використанням прогресивних технологій;
- урожайність продукції, вирощеної з використанням органічного виробництва, нижча, ніж при використанні прогресивних методів і технологій;
- органічна продукція має вищу ціну порівняно з типовою продукцією, одержаною традиційними способами;
- органічна продукція швидше псується, частіше вражається шкідниками, а головне — потребує значно більшого використання людської праці [5].

Аналогічних висновків дійшли британські вчені, провівши дослідження у сфері харчування. Експерти Лондонської школи гігієни і тропічної медицини проаналізували 52471 статтю, опубліковану з 1958 р. та присвячену органічній їжі, і порівняли, отримані в процесі лабораторних експериментів. У результаті проведених дослідів британські вчені не виявили суттєвих розбіжностей у вмісті поживних речовин в органічних продуктах і продуктах звичайного виробництва. З точки зору хімії в більшості порівняльних аналізів істотно більш високої концентрації вітамінів, мінералів або інших корисних мікроелементів в органіці, як правило, не виявлялося. Незначні розбіжності зареєстровані лише за трьома показниками: в органічній їжі відзначено більший вміст азоту, але менший вміст фосфору та менша кислотність. Що стосується зіставлення поживних властивостей м'яса, то розбіжностей не було знайдено за жодним показником. Тобто органічна їжа не відрізняється від звичайної з точки зору корисності для здоров'я. Результати дослідження опубліковані в журналі *American Journal of Clinical Nutrition* та газеті *The Times*. [11]

Британські вчені з Корнельського університету провели ряд досліджень, що демонструють емоційні ефекти, які викликає органічна їжа. З точки зору емоцій органіка дійсно сприймається як більш здорова, оскільки вона, по-перше, дорожче, а по-друге, вирощена з мінімальним застосуванням хімікатів. На деякі неорганічні продукти вішався ярлик «органіка», і їх смак сприймався респондентами як «органічний». [11]

Вчені також виявили, що оскільки при виробництві органічної продукції все ж допускається використання ГМО і хімдобавок (до 20 % кормів для птиці та до 10 % для великої рогатої худоби можуть бути неорганічними), то ймовірність виявлення в них різних вірусів і захворювань така ж, як і в неорганічній. Наприклад, у США небезпечна кишкова паличка *E.Coli* була виявлена в органічному салаті, а сальмонела - в органічних помідорах. Після деяких досліджень «органічної» продукції залишки шкідливих речовин становили до 30 % об'єму. Скептики відзначають: нічого дивного, адже земля переважно вдобрюється органічними добривами, тобто недезінфікованим послідом або іншими відходами життєдіяльності тварин, у яких, у свою чергу, може міститися інфекція.

Дослідження, проведені в Голландії, Данії та Австралії, показали наявність ядовитих бактерій сальмонели та *Campylobacter* у 100 % органічних курчат і

лише в третині звичайних. До того ж 72 % органічних курчат заражені гельмінтами, бо органічне виробництво забороняє використання антибіотиків і засобів боротьби з гельмінтами [2].

У Сполучених Штатах більшість американців впевнені, що «органічна їжа» є панацеєю від ожиріння, від якого страждає кожен третій американець. Але якщо врахувати, що більшість калорій середній американець отримує з напоїв, солодощів і фастфуду, то вже не має значення їсть він органічну їжу, чи ні. Відомий американський вчений Б. Амес з Каліфорнійського університету ще у 1990 р. довів, що люди кожного дня вживають в 10000 разів більше натуральних канцерогенних речовин, ніж синтетичних. Наприклад, в одній чашці натуральної кави їх кількість більша, ніж у всіх фруктах та овочах, які людина з'їдає за рік.[1]

Не слід забувати і про ціну органічних продуктів, яка зазвичай значно вища. Такі продукти сьогодні доступні небагатьом українцям, адже ціна на картоплю чи помідори, вирощені без хімікатів в екологічно чистому регіоні, в кілька разів перевищує вартість звичайних продуктів. Дозволити собі органіку сьогодні можуть 15 % українців. Головні витрати виробники несуть, звичайно ж, на етапі вирощування продукції. Крім того, дорогою є немеханічна (найчастіше ручна) обробка та зберігання. Саме тому виправданою, за європейськими нормами, є націнка в 20—30 % на органічну їжу. Проте в України через невисокий попит у ціну можуть закладатися інші витрати (наприклад, на просування або страхівка від нереалізації делікатного товару). Таким чином, кінцева націнка може перевищувати 100 %. Наприклад, один із найпопулярніших органічних продуктів — молоко — коштує в спеціалізованих магазинах 16—20 грн. за літр, тоді як звичайне — до 10 грн. [7].

Слід зазначити, що органічними можуть називатись продукти, виробництво яких пройшло процедуру сертифікації у встановленому порядку, а самі вони відповідають затвердженим стандартам і належним чином маркуються. На етикетці органічного продукту мають бути відповідний логотип та інформація про орган сертифікації. Маркувати свій продукт як органічний можуть лише підприємства, що пройшли сертифікацію всіх етапів виробництва, починаючи з води, повітря та землі і закінчуючи станом готової продукції. Оцінка продукції відбувається з урахуванням національного та міжнародного стандартів, які враховують не лише відповідність стандарту самого продукту, а й усіх етапів його виготовлення з точки зору впливу на навколишнє середовище [10].

Сьогодні сертифікацію органічного виробництва в Україні проводять представники 12 сертифікаційних європейських організацій. Сертифікація проходить відповідно до стандартів країн ЄС, США та інших. Давно працюють на ринку такі організації, як Контрол Юніон (Нідерланди), ІМО (Швейцарія), а також представники Італії, Німеччини, Угорщини, Польщі тощо [6].

Підприємства мають право самостійно вибирати установу, яка займається сертифікацією. Що стосується власної сертифікаційної системи, то на сьогодні існує лише одна українська кампанія «Органік стандарт», що надає подібні послуги і має міжнародну акредитацію. Компанія акредитована

відповідно до стандартів ISO/IEC GUIDE 65:1996 і здійснює сертифікацію залежно від орієнтації на ринок збуту (український, міжнародний, ринок США, Швейцарії, Японії) за стандартами БІОЛАН, Постановою Ради (ЄС) 834/2007, 889/2008, а також NOP, JAS, Bio Suisse [3].

Сьогодні в Україні відсутні національні стандарти, тому органічна продукція сертифікується відповідно до таких міжнародних стандартів:

- IFOAM — міжнародна федерація з органічного сільськогосподарського руху;
- постанова Ради ЄС 834/2007 та Постанова Ради ЄС 2092/91 про органічне виробництво та відповідне маркування сільськогосподарської продукції і продуктів харчування;
- стандарти органічного сільськогосподарського виробництва та маркування сільськогосподарської продукції і продуктів харчування «БІОЛАН» — приватні українські стандарти ;
- національна органічна програма (NOP) — національна органічна програма США;
- японські сільськогосподарські стандарти (JAS) — національні стандарти Японії;
- стандарти «Біо Свіс» (Bio Suisse) — приватні стандарти швейцарської Асоціації «Біо Свіс»;
- Деметр — стандарти біодинамічного сільського господарства;
- внутрішньодержавні стандарти, постанови, програми і правила (директиви і правові норми) [4].

Українські виробники, які хочуть підтвердити статус своєї продукції як органічної, повинні мати пакет документів, що підтверджують відповідність їх продукції ДСТУ чи ТУ, гігієнічні сертифікати та міжнародний органічний сертифікат, регламентований у державних Директивах країн Європейського союзу (Постанова ЄС № 2092/91 від 24 червня 1991 року), США (USDA/NOP — Американська національна органічна програма) або Японії (JAS — Японські стандарти для сільського господарства) [9].

Варто зауважити, що процедура сертифікації «органічного виробництва» не дешево задовольняє, що, у свою чергу, суттєво впливає на ціну кінцевого продукту. В органічному світі важливо все, сертифікат «біо » або « екологічно чистий» — ще півсправи. Продукт обов'язково повинен бути свіжим, адже термін зберігання в «органіки» короткий. Це означає, що доставка продуктів від місця їх виробництва до прилавка має бути блискавичною і продукти повинні розкуповуватимуться вчасно, в іншому випадку - підлягати утилізації. Все це передбачає чималі фінансові витрати. Від цього органічна їжа стає ще дорожчою.

## **Висновки**

Поки у світі тривають війни між прихильниками та противниками органічного виробництва, в Україні ситуація ускладнюється ще й тим, що законодавчо визначено поняття лише «органічної продукції». На прилавках українських супермаркетів безліч продуктів з назвами «екологічно чистий», «натуральний», «біо», «без консервантів», які в Україні законодавчо не визначені. Небезпека невизначеності таких понять надає можливість вироб-

никам маніпулювати свідомістю споживачів, користуючись їх необізнаністю з цих питань. Це вдалий маркетинговий хід, який базується на рекламі і моді, згоді покупців переплачувати за відчуття того, що вони вкладають кошти у щось корисне. До того ж в Україні після аварії на Чорнобильській АЕС дуже поширені екологічні настрої. Купуючи в українських супермаркетах продукцію, український споживач ризикує отримати неорганічну продукцію, але за ціною органічної.

Що ж до корисності органіки, то у медиків що поки немає доказів позитивного впливу на здоров'я людини. Важливо розуміти, що органічні продукти всього лише продукти, а не панацея. Сьогодні люди швидше віддають данину моді на здоровий спосіб життя, загорнутий у красиву обгортку модних магазинів і салонів. Але вживання здорової їжі повинно стати життєвим правилом, щоденною роботою над собою, а не обмежуватися покупками декількох продуктів, якість яких ще потрібно перевірити. Навряд чи повальне захоплення органічною продукцією в Україні призведе, наприклад, до збільшення середньої тривалості життя. Захопившись «органікою», Україна може втратити набагато більш вагомий потенціал — задоволення потреб зовнішніх ринків традиційної їжі. Виробництво органічних продуктів в Україні може стати хорошим бізнесом, але навряд чи зробить націю здоровішою.

### **Література**

1. Рингис А. Органические продукты. Спрос без закона / Рингис А. // Фокус. — 2009. — №23(135) [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://focus.ua>.
2. Аналітичний департамент УАК [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://agroconf.org>.
3. Асоціація «БІОЛан Україна» [Електронний ресурс]. — Режим доступу: [http:// www.biolan.org.ua](http://www.biolan.org.ua).
4. Довідник міжнародних стандартів для органічного виробництва [Текст] / [за ред. Капштика М. В. та Котирло О.О.]. — К.: СПД Горобець Г.С., 2007. — 356 с.
5. Про органічне виробництво Закон України [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://organic-food.com.ua>.
6. Офіційний сайт Федерації органічного руху України // [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://organic.com.ua>.
7. Офіційний сайт Міністерства Аграрної політики України // [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://minagro.gov.ua>.
8. Сумленний С. Зубастая мать природа // Эксперт. — 2009. — №38(675) [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://expert.ru>.
9. Скрипчук П. Екологічна сертифікація як інструмент виробництва та споживання екологічно чистої продукції // Економіка України. — 2006. — № 3. — С. 55—63.
10. Шафалюк О.К. Бенчмаркінг досвіду ребрендингу та можливості його використання у маркетингових стратегіях вітчизняних підприємств // Формування ринкової економіки: зб. наук. праць. — К.: КНЕУ, 2011. — Вип. № 26. — Ч.1. — С. 454—462.

11. *American Journal of Clinical Nutrition The Times* // [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://www.time.com>.

## **ОРГАНИЧЕСКАЯ ПРОДУКЦИЯ: ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ**

**Н.А. Тихонова, Е.Ю. Межинская-Бруй**

*Национальный университет пищевых технологий*

*В статье исследованы преимущества и недостатки органической продукции, которая считается полезной для человека и безопасной для окружающей среды. Дано определение понятия органической продукции и указаны особенности ее влияния на организм человека по сравнению с неорганической.*

**Ключевые слова:** продовольственная безопасность, экологичность, органические продукты.

УДК 658.012.011

## RESEARCH AND DEVELOPMENT OF RISK MANAGEMENT TECHNIQUES IN FOOD ENTERPRISE

A. Myakshylo, A. Kharkyanen

*National University of Food Technologies*

| Key words:                                                                                                         | ABSTRACT                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Food enterprise<br/>Risk<br/>Risk management meth-<br/>ods<br/>Production cost planning<br/>OLAP-technology</i> | The main risks emerging during the food enterprise functioning are explored and classified. The risks which can emerge while production cost planning are determined; a complex method for managing them is presented. An information subsystem for risk management support is developed, based on OLAP-technology and on complex method of risk management. |
| <b>Article history:</b><br>Received 22.07.2014<br>Received in revised form<br>30.07.2014<br>Accepted 09.08.2014    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| <b>Corresponding author:</b><br>A. Kharkyanen<br><b>E-mail:</b><br>helenval@ukr.net                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |

## ДОСЛІДЖЕННЯ І РОЗРОБКА МЕТОДІВ УПРАВЛІННЯ РИЗИКАМИ В ДІЯЛЬНОСТІ ХАРЧОВОГО ПІДПРИЄМСТВА

О.М. М'якшило, О.В. Харкянен

*Національний університет харчових технологій*

*У статті досліджено й класифіковано основні ризики, що виникають у діяльності харчового підприємства. Також визначено ризики, які можуть виникнути при плануванні собівартості продукції, та запропоновано комплексний метод управління ними. На основі OLAP-технологій і запропонованого комплексного методу управління ризиками розроблено підсистему інформаційної підтримки управління ризиками.*

**Ключові слова:** харчове підприємство, ризик, методи управління ризиками, планування собівартості продукції, OLAP-технології.

Важливим чинником функціонування підприємств харчової галузі є їх постійна адаптація до динамічних змін у конкурентному середовищі. В таких умовах рисами будь-якого успішного підприємства повинні бути гнучкість, динамічність, безперервне вдосконалення бізнес-процесів, толерантне ставлення до невизначеності. Сучасні підприємства харчової галузі не можуть

функціонувати без використання інформаційних систем і технологій, які дозволяють знизити витрати на виробництво, здійснити прогнозування та спланувати виготовлення й реалізацію продукції, здійснювати постійний моніторинг і контроль за вдосконаленням якості продукції. Серед пріоритетних напрямків розвитку інформаційних технологій (ІТ) недостатньо розвинутий напрямок управління ризиками, пов'язаними з плануванням собівартості продукції, хоча саме від рівня собівартості продукції залежать фінансові результати діяльності підприємства. Прийняття плану по собівартості на наступний період — це завжди ризик, оскільки в ринкових і кризових умовах часто змінюються ціни на сировину та матеріали, електроенергію, інші ресурси, необхідні для виготовлення продукції, що може негативно вплинути на прибутковість роботи харчового підприємства.

Господарська діяльність будь-якого харчового підприємства пов'язана з витратами. В умовах кризи, інфляції, а також під впливом ринкових обставин витрати підприємства можуть збільшуватись. Відхилення фактичних витрат від прогнозованих може призвести до неочікуваних збитків. Відхилення фактичних даних показника прибутку від прогнозованого характеризує ступінь ризику втрат або збитків підприємства.

Аналіз існуючих визначень ризиків (А. Рогозін, В. Маршалл, Дж. Фіксел, Е. Мушик, П. Мюлер, У. Рої, Є.С. Дзекцер) дав змогу визначити основні ознаки ризикованої ситуації: наявність невизначеності; існування альтернатив і необхідність вибору; можливість оцінити наявність альтернативи; зацікавлення у результаті вибору.

Основні невизначеності, які виникають при плануванні собівартості продукції багатомасштабних харчових підприємств, їх причини та можливі наслідки узагальнено в табл. 1.

*Таблиця 1. Невизначеності при плануванні собівартості продукції*

| № п/п | Причини виникнення невизначеностей                                                                                                                                                       | Можливий наслідок                                                                             |
|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1     | Спонтанність природних процесів і явищ, прояви стихійних сил природи: землетруси, повені, бурі, урагани                                                                                  | Зростання цін на сировину і, як наслідок, збільшення собівартості продукції                   |
| 2     | Випадковість, імовірісна сутність багатьох соціально-економічних і технологічних процесів, багатоваріантність матеріальних відносин, в які вступають суб'єкти підприємницької діяльності | У схожих умовах одна і та ж подія відбувається неоднаково, тобто наявний елемент випадковості |
| 3     | Нестабільність законодавства й економічної політики, велика кількість нормативно-правових актів, що часто суперечать один одному                                                         | Неправильне нарахування амортизації                                                           |
| 4     | Зовнішньоекономічні ризики, пов'язані з великомасштабними фінансовими кризами, військовими діями тощо.                                                                                   | Зміна цін на товари й послуги на внутрішньому та зовнішньому ринках                           |
| 5     | Наявність протидіючих тенденцій, зіткнення суперечливих інтересів                                                                                                                        | Вплив на діяльність підприємства з боку конкурентів                                           |

Класифікація ризиків і розуміння причин їх виникнення дозволяє здійснювати аналіз ризиків планування з метою отримання інформації, необхідної для прийняття управлінських рішень, спрямованих на захист від можливих фінансових втрат.

Аналіз ризиків можна поділити на два види: кількісний та якісний. Кількісний аналіз ризику передбачає визначення розміру втрат від окремих видів ризиків і ризику в цілому. Якісний аналіз визначає фактори, межі та види ризиків. Для аналізу ризиків найчастіше використовують методи аналогій, експертних оцінок, розрахунково-аналітичний і статистичний методи.

З метою зниження ризиків на практиці найчастіше використовують такі методи управління ризиками: ухилення, локалізація, дисипація, компенсація.

Більшість цих методів розраховані на аналіз ризиків, пов'язаних з виготовленням продукції, але доцільно проводити аналіз ще на етапі планування собівартості продукції, що дозволить з'ясувати, чи вигідно виготовляти той чи інший вид продукції.

Для визначення чинників, які впливають на собівартість товарної продукції та методів управління ризиками, було проведено аналіз собівартості продукції на прикладі підприємства, що випускає консервований зелений горошок. Підприємство займається багатомономенклатурним випуском консервованої продукції, працюючи у сезонному режимі (червень-вересень). У табл. 2 наведено калькуляцію собівартості на консервований зелений горошок за 2005—2009 роки. Для кращого сприйняття даних у табл. 2 показано тільки статті, які входять до виробничої собівартості, дані по кожній статті за кожен рік представлені у вигляді відсотка від виробничої собівартості. Статті впорядковано у порядку спадання їх частки у виробничій собівартості.

**Таблиця 2. Калькуляція собівартості на консервований зелений горошок за 2005—2009 роки, %**

| № п/п | Найменування статей витрат                     | Собівартість 1 банки |       |       |       |       | Середнє значення % витрат у виробничій собівартості |
|-------|------------------------------------------------|----------------------|-------|-------|-------|-------|-----------------------------------------------------|
|       |                                                | 2005                 | 2006  | 2007  | 2008  | 2009  |                                                     |
| 1     | Допоміжні матеріали                            | 43,66                | 44,30 | 43,86 | 38,18 | 37,85 | 40,96                                               |
| 2     | Сировина і основні матеріали                   | 28,87                | 28,86 | 27,49 | 25,00 | 24,78 | 26,61                                               |
| 3     | Паливо і електроенергія                        | 7,04                 | 7,38  | 11,70 | 7,73  | 8,53  | 8,51                                                |
| 4     | Зарплата основна і додаткова                   | 3,52                 | 3,36  | 3,51  | 12,73 | 12,62 | 8,09                                                |
| 5     | Тара і тароматеріали                           | 4,23                 | 4,03  | 5,85  | 7,27  | 7,21  | 6,01                                                |
| 6     | Витрати на утримання і експлуатацію обладнання | 7,04                 | 6,71  | 2,92  | 2,73  | 2,70  | 4,06                                                |

Продовження табл. 2

| № п/п | Найменування статей витрат            | Собівартість 1 банки |      |      |      |      | Середнє значення % витрат у виробничій собівартості |
|-------|---------------------------------------|----------------------|------|------|------|------|-----------------------------------------------------|
|       |                                       | 2005                 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 |                                                     |
| 7     | Відрахування на соціальне страхування | 1,41                 | 1,34 | 1,17 | 4,55 | 4,51 | 2,92                                                |
| 8     | Оклеювання і пакування                | 4,23                 | 4,03 | 3,51 | 1,82 | 1,80 | 2,85                                                |

Зміна розміру кожної зі статей витрат залежить від зміни цін на елементи витрат, які включені до статті: сировину, матеріали, послуги тощо. Для дослідження динаміки цін на окремі елементи витрат за 2005—2009 рр. побудовано графіки (рис. 1).

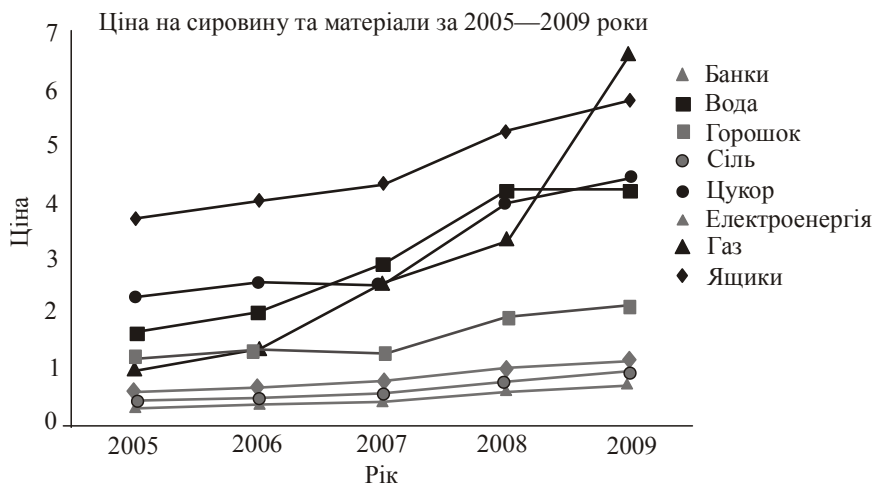


Рис. 1. Ціни на сировину і матеріали, необхідні для виготовлення консервів «Зелений горошок» за 2005—2009 роки

Зробивши припущення, що однакова форма графіків свідчить про вплив однакових чинників на елементи витрат або про однакову величину впливу різних факторів на ці елементи, було проведено групування витрат (за схожістю графіків) і визначено фактори, які на них впливають.

Результати групування елементів витрат і встановлені фактори впливу наведено у табл. 3.

Таблиця 3. Фактори впливу на зміну цін елементів витрат

| Група | Складові       | Чинники, що можуть впливати на ціни                                                     |                                                     |
|-------|----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
|       |                | Індивідуальні                                                                           | Спільні для всіх груп                               |
| I     | Електроенергія | Недостатнє державне регулювання в галузі. Отримання послуг від підприємства-монополіста | Економічна криза. Зміна законодавчої бази. Інфляція |

| Група | Складові              | Чинники, що можуть впливати на ціни                                                                                                   |                                                     |
|-------|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
|       |                       | Індивідуальні                                                                                                                         | Спільні для всіх груп                               |
| II    | Сировина та матеріали | Вплив погодних умов на урожайність і, відповідно, на формування цін                                                                   | Економічна криза. Зміна законодавчої бази. Інфляція |
|       |                       | Зміна цін постачальником                                                                                                              |                                                     |
| III   | Вода                  | Недостатнє державне регулювання в галузі. Отримання послуг від підприємства-монополіста                                               |                                                     |
| IV    | Газ                   | Недостатнє державне регулювання в галузі. Диктування цін країнами-постачальниками газу. Отримання послуг від підприємства-монополіста |                                                     |

Аналіз зовнішніх чинників виявив, до якого ризику можуть призвести перелічені фактори впливу, та дозволив запропонувати методи інформаційної підтримки управління відповідними ризиками при плануванні рівня собівартості продукції.

*Таблиця 4. Методи інформаційної підтримки управління ризиками*

| Причина                                                             | Ризик                                                                                                                    | Методи інформаційної підтримки управління ризиками                                                                                         |
|---------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Диктування цін країнами-постачальниками газу                        | Ризик здійснення непередбачуваних витрат у зв'язку з підвищенням цін (неможливість зміни підприємства, що надає послуги) | Прогнозування цін на ресурси                                                                                                               |
| Недостатнє державне регулювання в галузі                            |                                                                                                                          |                                                                                                                                            |
| Отримання послуг від підприємства-монополіста                       |                                                                                                                          |                                                                                                                                            |
| Зміна цін постачальником                                            | Ризик здійснення непередбачуваних витрат у зв'язку з підвищенням цін (існує можливість зміни постачальника)              | Прогнозування цін на ресурси. Побудова дерева рішень щодо доцільності укладання договору з постачальником                                  |
| Вплив погодних умов на урожайність і, відповідно, на формування цін |                                                                                                                          | Урахування прогнозів гідрометеорологічного центру України при плануванні цін                                                               |
| Економічна криза                                                    | Втрата постачальників. Втрата споживачів. Непередбачувані витрати                                                        | Аналіз і прогнозування зовнішньої та внутрішньої економічної ситуації                                                                      |
| Зміна законодавчої бази                                             | Штрафи. Непередбачувані витрати                                                                                          | Підключення до мережі Інтернет для моніторингу змін законодавчої бази та збереження цих даних у БД (або СД) для їх подальшого використання |
| Інфляція                                                            | Непередбачувані витрати                                                                                                  | Врахування прогнозів рівня інфляції при плануванні витрат                                                                                  |

Процес прогнозування собівартості продукції та розрахунок оцінки ризиків прогнозування є досить трудомістким для особи, що приймає рішення (ОПР), тому для комплексного управління ризиками необхідно задіяти систему інформаційної підтримки.

Для аналізу процесу прогнозування собівартості продукції й оцінки ризиків прогнозування розроблено функціональну модель з використанням методології структурного аналізу та проектування SADT (стандарти IDEF0, IDEF3 та DFD). Функціональне моделювання дозволило виявити, що вхідними даними для прогнозування собівартості, оцінки й управління ризиками є калькуляція окремих видів продукції, ціни на елементи витрат за попередні періоди, норми витрат сировини, матеріалів, інших ресурсів. Оскільки дана інформація зберігається в різних інформаційних джерелах з метою її вилучення, впорядкування і структуризації розроблено сховище даних (рис. 2), яке дозволило сформувати інформаційні масиви даних у вигляді, зручному для їх обробки і проведення аналізу.

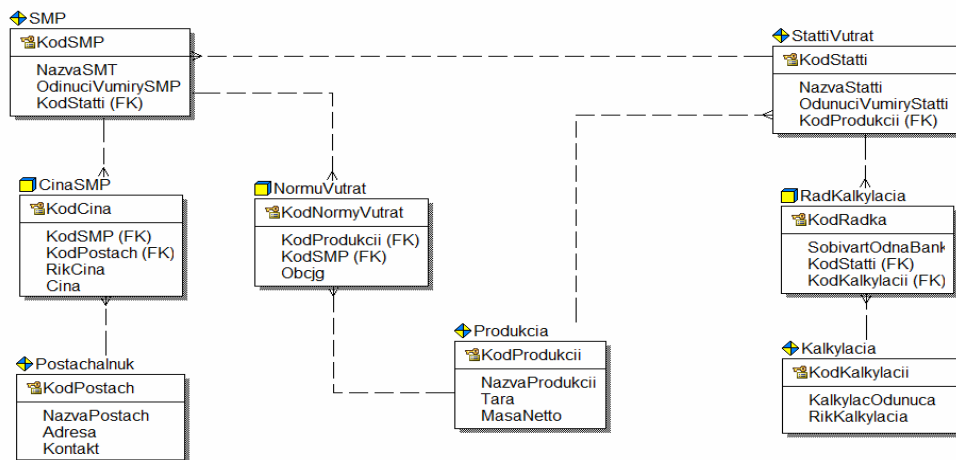


Рис. 2. Модель сховища даних

На основі моделі було згенеровано сховище даних в MS SQL Server 2008 за допомогою Case-засобу AllFusion ERWin Data Modeler (рис. 3).

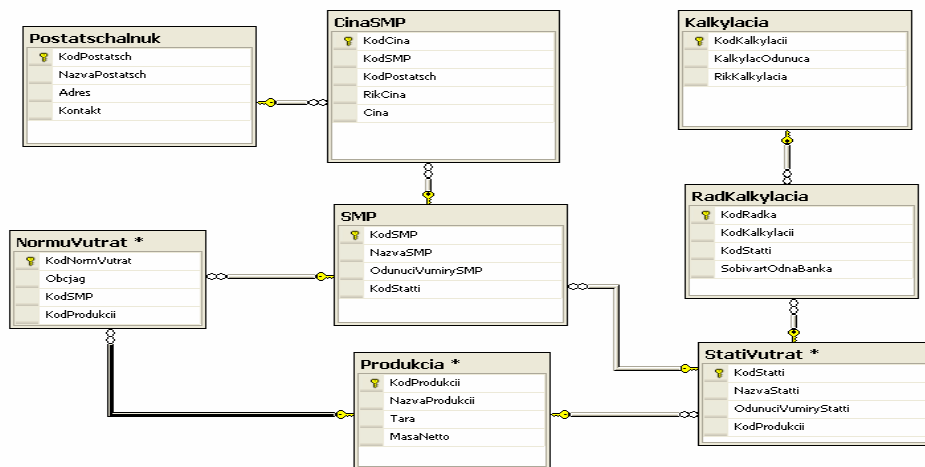


Рис. 3. Схеми сховища даних в MS SQL Server 2008

Заповнення сховища даними здійснено за допомогою служб MS Integration Services. Насамперед було побудовано пакет потоку управління, який складається з двох задач: перша включає пакет потоку даних, а друга — пакет опрацювання нових даних. Потік даних описує алгоритм зчитування, перетворення та запису даних. Джерелом даних для зчитування є калькуляція собівартості продукції та ціни на елементи витрат з база даних бухгалтерії, норми витрат сировини, матеріалів і ресурсів з бази даних відділу головного технолога. Алгоритм перетворення здійснює перетворення типів даних. Приймачем для запису даних є створене сховище даних.

Опрацювання нових даних відбувається за алгоритмом, який включає: перевірку на наявність даних у сховищі і додавання нових даних, частоту проведення такої перевірки. В результаті виконання пакета управління сховище за визначеним регламентом заповнюється даними.

На основі таблиць, розташованих у сховищі даних, побудовано OLAP-куби наповнені даними, необхідними для аналізу собівартості продукції. З метою надання ОПР зручного й доступного інструменту для розрахунку прогнозів та оцінки ризику OLAP-куби передано до Microsoft Excel (рис.4 і 5), який надає зручний механізм роботи з кубами (вбудовані OLAP—технології PivotTable), дозволяє автоматизувати розрахунки і проводити агрегацію даних (обчислювати мінімум, максимум, середнє значення тощо).

|                | 01.07.2005 | 01.07.2006 | 01.07.2007 | 01.07.2008 | 01.07.2009 |
|----------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Банки          | 0,6        | 0,67       | 0,78       | 0,95       | 1,15       |
| Вода           | 1,66       | 2          | 2,88       | 4,18       | 4,18       |
| Газ            | 406,56     | 533,208    | 1017,36    | 1323,59    | 2643,306   |
| Горошок        | 1,2        | 1,34       | 1,4        | 1,6        | 1,78       |
| Електроенергія | 0,3        | 0,3638     | 0,4272     | 0,6        | 0,7015     |
| Наклейки       | 0,06       | 0,06       | 0,06       | 0,04       | 0,04       |
| Сіль           | 0,4        | 0,5        | 0,55       | 0,8        | 0,95       |
| Цукор          | 2,3        | 2,56       | 2,5        | 3,98       | 4,4        |
| Ячійки         | 3,7        | 4          | 4,3        | 5,25       | 5,8        |

Рис.4. OLAP-куб у вигляді зведеної таблиці для аналізу цін на сировину, матеріали, послуги

Після побудови кубів здійснено прогнозування рівня витрат трьома методами: кореляційно-регресивних моделей, найменших квадратів, експертних оцінок та, на основі цих даних, проведено оцінку ризику прогнозування. Результати прогнозів наведено на рис. 6.

Очікуване значення собівартості продукції при однаковій ймовірності прогнозів становить 3,137 грн., при цьому відхилення прогнозів від

очікуваного значення є мінімальним (встановлено шляхом перебору значень ймовірності) і становить 0,572 грн. або 18 %.

|                                                | 01.07.2005 | 01.07.2006 | 01.07.2007 | 01.07.2008 | 01.07.2009 |
|------------------------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Сировина і основні матеріали                   | 0,42       | 0,45       | 0,48       | 0,54       | 0,6        |
| Допоміжні матеріали                            | 0,62       | 0,66       | 0,75       | 0,84       | 0,93       |
| Оклеювання і пакування                         | 0,06       | 0,06       | 0,06       | 0,04       | 0,04       |
| Тара і тароматеріали                           | 0,06       | 0,06       | 0,1        | 0,16       | 0,18       |
| Зарплата основна і додаткова                   | 0,05       | 0,05       | 0,06       | 0,28       | 0,31       |
| Відрахування на соціальне страхування          | 0,03       | 0,03       | 0,03       | 0,09       | 0,12       |
| Паливо і електрична енергія                    | 0,1        | 0,11       | 0,2        | 0,18       | 0,21       |
| Витрати на утримання і експлуатацію обладнання | 0,1        | 0,1        | 0,05       | 0,06       | 0,07       |

Рис.5. OLAP-куб у вигляді зведеної таблиці для аналізу собівартості продукції

| Собівартість однієї банки                                                                                                                    | Імовірність (на думку експерта), % | Очікуване значення, грн. | Средньо-квадратичне відхилення, грн. | Коефіцієнт варіації, % |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|--------------------------|--------------------------------------|------------------------|
| Прогноз статті "Підсумкова виробнича собівартість", отриманий завдяки використанню методу кореляційно-регресивних моделей                    | 2,760                              | 20                       | 3,137                                | 0,572                  |
| Прогноз статті "Підсумкова виробнича собівартість", отриманий завдяки використанню методу експертних оцінок                                  | 2,720                              | 20                       |                                      |                        |
| Прогноз кожної статті витрат, отриманий завдяки використанню методу найменших квадратів                                                      | 2,681                              | 20                       |                                      |                        |
| Прогноз цін на сировину, матеріали, послуги, отриманий завдяки використанню методу найменших квадратів і розрахунку собівартості             | 3,719                              | 20                       |                                      |                        |
| Прогноз цін на сировину, матеріали, послуги, отриманий завдяки використанню методу кореляційно-регресивних моделей і розрахунку собівартості | 3,805                              | 20                       |                                      |                        |

Рис. 6. Результати прогнозування і оцінка ризику

Застосуємо аналітичний підхід методу аналізу беззбитковості для оцінки взаємозалежності між обсягом виробництва, собівартістю та доходом при різних рівнях виробництва зеленого горошку з прогнозним рівнем собівартості. Як видно з графіка беззбитковості (рис. 7 ) продукція з визначеним рівнем собівартості знаходиться в області прибутку і входить у межі максимально можливого обсягу випуску продукції, тобто її виготовлення є прибутковим.

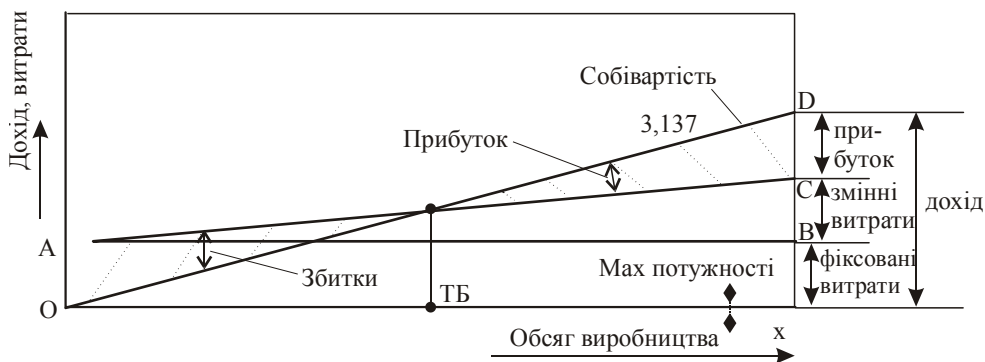


Рис. 7. Графічне представлення беззбитковості

Керуючись цією інформацією, ОПР, прийнявши собівартість продукції за план на наступний період на рівні 3,137 грн., найменше ризикує наразити своїм рішенням підприємство на небезпеку витрачання непередбачених коштів. Проте ОПР може вибрати й інший варіант, покладаючись на власний досвід чи інтуїцію, але при цьому рівень ризику зростає.

### Висновки

Досліджено поняття ризику в господарській діяльності харчового підприємства та визначено його основні ознаки й причини виникнення ризиків у діяльності підприємства. На основі досліджень проведено класифікацію ризиків і досліджено існуючі методи аналізу й управління ними. На основі аналізу калькуляції собівартості продукції визначено ризики, з якими може зіткнутися харчове підприємство у процесі планування собівартості. Запропоновано комплексний метод управління ризиками, що базується на прогнозуванні собівартості продукції харчового підприємства методами найменших квадратів, кореляційно-регресивних моделей, експертних оцінок.

Ризики цінено за допомогою таких показників, як очікуване значення, середньоквадратичне відхилення і коефіцієнт варіації. Для забезпечення можливості проведення моніторингу ризиків у процесі діяльності харчового підприємства і, за рахунок цього, своєчасного прийняття управлінських рішень розроблено підсистему інформаційної підтримки управління ризиками, в основі якої лежить запропонований комплексний метод.

Отримані результати дають ОПР інструментарій для кількісної оцінки ризиків, що дозволяє приймати більш обґрунтовані рішення при плануванні собівартості продукції. Використання підсистеми надає можливість підвищити стійкість підприємства до впливу зовнішніх факторів і його конкурентоспроможність.

### Література

1. Лобел Л. Разработка приложений на основе Microsoft SQL Server 2008 [Текст] / Л. Лобел, Э. Дж. Браст, С. Форте; пер. с англ. — М.: Русская редакция; СПб.: БХВ-Петербург, 2010. — 1024 с.
2. Маклаков С.В. BPwin и ERwin. CASE — средства разработки информационных систем [Текст] / С.В. Маклаков. — 2-е изд., испр. и дополн. — М.: ДИАЛОГ-МИФИ, 2001. — 306 с.

3. Мінухін С.В. Методи і моделі проектування на основі сучасних CASE-засобів: навч. посіб. / Мінухін С.В., Беседовський О.М., Знахур С.В.; Міністерство освіти і науки України, Харк. нац. екон. ун-т. — Х.: Вид. ХНЕУ, 2008. — 270 с.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ В ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПИЩЕВЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

**О.М. Мякшило, О.В. Харкянєн**

*Национальный университет пищевых технологий*

*В статье исследованы и классифицированы основные риски, которые возникают в деятельности пищевого предприятия. Также определены риски, которые могут возникнуть при планировании себестоимости, и предложен комплексный метод управления ними. На основе OLAP-технологий и предложенного комплексного метода управления рисками разработано подсистему информационной поддержки управления рисками.*

**Ключевые слова:** *пищевое предприятие, риск, метод управления рисками, планирование себестоимости продукции, OLAP-технологии.*

УДК 331.104

## MODELLING THE HR MARKETING SYSTEM BY USING THE INNOVATIVE METHODS OF HR MANAGEMENT AT THE ENTERPRISES

D. Gryshchenko

*National University of Food Technologies*

---

**Key words:**

*HR marketing  
Job security  
Smart leadership  
Professional development  
Communication system  
Decentralization of decision-making*

---

**Article history:**

Received 10.07.2014

Received in revised form  
20.07.2014

Accepted 03.08.2014

---

**Corresponding author:**

D. Gryshchenko

**E-mail:**

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

---

---

**ABSTRACT**

The article describes the main HR marketing trends (job security, smart leadership, professional growth of employees, decentralization of decision-making, sincere and stable communication) that are fundamental for the construction of HR marketing directed at meeting the needs of human resources at the enterprise. All these methods together consolidate in personnel the sense of involvement into the company and the results of its operation, and form a desire to boost their efficiency and development, creating interest in company growth.

## ФОРМУВАННЯ СИСТЕМИ МАРКЕТИНГУ ЛЮДСЬКИХ РЕСУРСІВ ЗА ДОПОМОГОЮ ВИКОРИСТАННЯ ІННОВАЦІЙНИХ МЕТОДІВ УПРАВЛІННЯ ПЕРСОНАЛОМ ПІДПРИЄМСТВ

Д.Г. Грищенко

*Національний університет харчових технологій*

У статті розглянуто методи (гарантії зайнятості, розумне лідерство, професійне зростання, децентралізація процесу прийняття рішень, щира комунікація), які є основоположними у побудові системи маркетингу людських ресурсів (hr-маркетингу), та доведена доцільність їх застосування для задоволення потреб людських ресурсів на підприємстві. Розкрито взаємозв'язок методів і функцій hr-маркетингу. Усі ці методи в сукупності формують у співробітників відчуття причетності до підприємства й результатів його діяльності, викликають бажання працівників підвищувати власну ефективність і рівень розвитку.

**Ключові слова:** hr-маркетинг, гарантії зайнятості, розумне лідерство, професійне зростання, система комунікації, децентралізація процесу прийняття рішень.

Ефективне управління персоналом здійснює вагомий безпосередній вплив на кінцеві результати діяльності підприємства. Від ефективності методів управління персоналом залежить атмосфера довіри та поваги або ж, навпаки, взаємної недовіри й неповаги між працівниками та керівництвом, що призводить до відповідних наслідків для життєдіяльності підприємства.

У більшості західних підприємств уже відбулося зміщення акценту в стратегії управління з клієнтів на працівників підприємства. Також відбулася трансформація від клієнто-орієнтованої до персонал-орієнтованої стратегії управління. «На першому місці — люди, на другому — клієнти, на третьому — акціонери» — зазначає Р. Брансон, засновник Virgin Atlantic Airways [9, с.5]. Така ієрархія цілком логічна, тому що саме персонал представляє організацію перед її клієнтами, саме працівники створюють ті високі стандарти підприємства, які формують позитивне та лояльне ставлення до нього його клієнтів. Адже від задоволення клієнтів будуть залежати їх «повторні покупки», які, у свою чергу, створюватимуть додаткову цінність для акціонерів. Тож першочерговість ефективного та інноваційного управління персоналом стає очевидною.

Саме таке ефективне та інноваційне управління ми розуміємо під hr-маркетингом. Адже результатом впровадження прогресивних методів в управлінні людськими ресурсами має бути формування максимальної зацікавленості персоналу в ефективній діяльності підприємства. Це повністю відповідає основному принципу маркетингу — орієнтація на клієнта та направленість на його задоволення.

Матеріали і методи. В основу статті покладено діалектичний метод пізнання та системний підхід до аналізу результатів наукових досліджень вітчизняних і зарубіжних учених системи ефективного управління персоналом на підприємстві.

Метою даної статті є формування бази ефективних методів і підходів в управлінні персоналом, використання яких у сукупності дозволяє забезпечити максимальне задоволення людських ресурсів підприємства.

Результати. Бізнес-середовище сьогодні зазнає дуже швидких змін і далеко не всі аспекти й нюанси прописані в посадових інструкціях та процедурах, тому управління людськими ресурсами і керівництво має бути відкритим до нових нестандартних, але логічних рішень в управлінні персоналом. Наприклад, провідні компанії в багатьох ситуаціях застосовують стресове інтерв'ю, за підсумками якого можна побачити модель поведінки кандидата у напруженій ситуації. Особливо прогресивними у застосуванні нестандартних підходів в управлінні людськими ресурсами є такі провідні компанії: Apple, Google, Wal-Mart, Procter&Gamble та ін.

Так, за даними журналу «Marketing Media Review» відділ людських ресурсів Google являє собою наукову лабораторію, яка формує достовірне уявлення про всі аспекти життя працівників компанії. Аналізуються не лише форми та розмір оплати праці, але й такі, здавалося б неважливі речі, як розмір і форма столиків у їдальні або довжина черг в обідній час. Аналітики компанії прийшли до висновку, що оптимальна довжина черги в обідню перерву повинна складати приблизно тричотири хвилини: таким чином співробітники не втрачають надто багато часу, але мають можливість познайомитися один з одним. Столики мають бути досить великими для того, щоб незнайомим працівникам довелося спілкуватися. Нарешті, в Google встановили, що поява в їдальнях тарілок меншого розміру (20 см) на дода-

ток до класичних (30 см) призводить до зменшення порцій, які накладають собі співробітники, що позитивно відображається на їхньому здоров'ї [5]. Все це здавалося б другорядні речі для компанії, але вони в сукупності формують високе задоволення працівників роботою та їх прихильне ставлення до роботодавця.

До ефективного управління персоналом слід віднести методи, які на основі наукового маркетингового підходу дають змогу підвищити ефективність використання людських ресурсів на підприємстві і, відповідно, покращити результати діяльності самого підприємства. Для українських підприємств такими методами передусім є підтримка гарантій зайнятості; «розумне» лідерство; професійне зростання працівників; децентралізація процесу прийняття рішень; щира та стабільна система комунікації. Розглянемо їх детальніше.

Гарантії зайнятості. Ще не так давно працівники були впевнені у постійному збереженні свого місця роботи за умов виконання ними своїх обов'язків. Сьогодні ж підприємства надають лише можливість отримати певний досвід, пройти школу, яка допоможе отримати кращу роботу в майбутньому. Як свідчить опитування керівників 500 найбільших американських компаній, що входять до списку «Fortune 1000», яке проводилось в кінці XX ст., за 6 років частка компаній, які повністю відмовилися від надання гарантій зайнятості своїм працівникам, зросла з 47 % до 63 %, а частка компаній, які гарантували зайнятість усьому персоналу, знизилася з 18 % до 9 % [11, с.7]. З упевненістю можна стверджувати, що в останні роки показники погіршилися. Враховуючи сказане вище, можна зробити висновок, що організації власноруч налаштовують працівників на короткострокове перебування в їхньому штаті. Така позиція зводить нанівець усі інші зусилля та прагнення у сфері навчання, мотивації тощо, оскільки формує відповідне ставлення працівника до підприємства, як до чергової сходинки його власної службової кар'єри.

Під поняттям «гарантії зайнятості» варто розуміти неприйнятність масових звільнень через спад економіки чи прорахунки вищого керівництва, оскільки персонал не повинен відповідати за обставини, на які він не має впливу. У жодному разі не йдеться про те, що звільнення мають бути ліквідовані взагалі, все має залежати від якості роботи й отриманих результатів конкретного працівника (працівників). Варто підкреслити, що негативні наслідки від масового скорочення штату в разі перевищують ті короткострокові вигоди, які отримує підприємство. Адже, за даними Американської асоціації менеджменту, лише трохи більше половини компаній отримують збільшення прибутку в короткостроковій перспективі за рахунок проведених скорочень, в інших же випадках ні зростання рентабельності, ні продуктивності праці за рахунок скорочення персоналу підприємства не досягають. Натомість разом із масовим звільненням персоналу приходить занепокоєння тих працівників, які лишилися в організації, падає їхній моральний дух. Вони зосереджуються не на виконуваних обов'язках, а на пошуку нової роботи. В той же час перед компанією постають нові проблеми, зокрема: перенавчання працівників, що залишилися, для забезпечення безперебійної діяльності; збільшення понаднормової роботи; крім того, формується негативне ставлення до підприємства з боку суспільства, його послуги й товари втрачають свою популярність.

Звісно, трапляються критичні ситуації і випадки, коли для виживання підприємства треба скоротити чисельність його персоналу, та масові звільнення - не єдиний спосіб покращення складної фінансової ситуації. Існує достатньо шляхів, щоб уникнути масового скорочення та втрати найціннішого ресурсу для компанії — її людей. Дж. Пфедфер, викладач Стендфорської школи бізнесу, автор восьми книг з управління та бізнес-консультант, пропонує такі шляхи уникнення масових звільнень персоналу [2, с.316]:

- скорочення робочого часу (надає можливість скоротити затрати на виробництво, не скорочуючи персонал). Крім того, пропорційне скорочення робочого часу дозволяє рівномірно розподілити складність ситуації між усіма працюючими, не переобтяжуючи окремі категорії персоналу;
- тимчасова переорієнтація працівників виробничої й управлінської сфери на реалізацію продукції підприємства;
- нарощення запасів продукції: в певних ринкових ситуаціях є доцільним збільшення запасів продукції на складах при зниженому або недостатньому попиті;
- стимулювання працівників для розробки нових товарів: дозволяє використовувати кваліфікацію працівників підприємства на етапі спаду економіки, а також відкриває можливості для диверсифікації;
- переведення працівників на інші роботи або в інші організації: такі кроки дають розуміння працівникам, що їх не «викинули на вулицю», а це формує високу лояльність до організації;
- проведення курсів навчання, підвищення кваліфікації працівників, проведення таких видів діяльності, на які, в більшості випадків, коли справи компанії покращуються, не вистачає часу;
- відмова від передачі частини функцій стороннім організаціям.

Даний перелік не є вичерпним, адже керівники, які намагаються уникнути або мінімізувати негативні наслідки масових звільнень, відкриті до створення нових альтернативних підходів. Так, на початку 30-х років ХХ ст. у Японії сенсаційним стало застосування перших двох вказаних нами методів Коносуке Мацусіта у його компанії Matsushita Electric (відома торговими марками Panasonic, National, Technics). У результаті компанія не лише втрималась на ринку у надзвичайно складний для економіки Японії період, коли інші компанії просто закривались, а й зберегла всіх своїх працівників і посилила диверсифікацію, почавши випуск нової продукції. Інша компанія Minesota Mining and Manufacturing, поставши перед ймовірністю масових звільнень, запровадила політику «вільного списку», згідно з якою працівникам, місця яких підлягали скороченню, надавалася можливість протягом 6 місяців знайти собі роботу в інших підрозділах компанії, впродовж цього часу вони отримували всю заробітну плату з преміями. Завдяки такій політиці компанії кожен другий, хто підлягав звільненню, знайшов собі інше місце в цій же компанії в термін менше 3,5 місяців [2, с.318]. На жаль, приклад Matsushita Electric та Minesota Mining and Manufacturing, скоріше виняток, ніж правило. В реальності ж ситуація повністю протилежна: більшість підприємств масово звільняють своїх працівників у періоди економічної кризи, а під час зростання в галузі починають активно конкурувати за своїх ще «вчорашніх» працівників, витрачаючи для цього набагато більше фінансових і часових ресурсів.

Автор приділяє значну увагу питанню збереження працівників, оскільки гарантії зайнятості дають змогу також задовольнити другу за значимістю потребу людини (згідно з ієрархією потреб Маслоу й теорією двох факторів Герцберга) — потребу у стабільності і гарантуванні робочого місця. Крім того, надання гарантій зайнятості створює надійні передумови для отримання позитивних результатів від впровадження також інших методів управління, які спрямовані на отримання високих кінцевих результатів підприємством. Адже якщо людина впевнена, що її не звільнять за першої нагоди, вона починає розглядати свою роботу як зайнятість на довгострокову перспективу (аналізує процес роботи, шукає нові ідеї для його покращення, вчиться і вдосконалює свої професійні навички). Як наслідок, підвищується її продуктивність праці (зауважимо, що це відбувається без додаткових фінансових ресурсів компанії), і в результаті компанія отримує збільшення показників своєї ефективності, що є основною метою її діяльності.

Розумне лідерство. Сьогодні набуває актуальності теза: «Працівники приходять в компанію, а йдуть від менеджерів». Справді, коли людина шукає роботу, вона передусім розглядає імідж підприємства як роботодавця, а саме підприємство виступає чимось абстрактним. Коли ж претендент влаштовується на роботу, то починає стикатися з конкретними людьми, які мають специфічні суб'єктивні позиції, бачення та стиль поведінки. До того ж останнім часом характерною особливістю українських підприємств та організацій є схильність призначати на керівні посади «своїх», не враховуючи при цьому їхні професійні та людські якості. Особливо складним стає становище, коли такий керівник має специфічні суб'єктивні бачення та переносить їх на робочий процес. Поширеною стає ситуація, коли працівника так би мовити «з'їв керівник» і підлеглому нічого не залишається як просто звільнитися.

За такого стану речей стає очевидним, що місія керівника — це не лише визначення завдань і контроль за їх виконанням. Керівництво має бути мистецтвом, це вміння надихати та створювати такі умови, щоб кожен підлеглий відчував свою причетність і прагнув викласти якнайкраще.

Сьогодні необхідно навчати керівників служити своїм підлеглим (з англ. *Servant Leadership*), створювати найбільш сприятливі умови для їх праці, а працівники, у свою чергу, формуватимуть більш сприятливі умови для задоволення клієнтів організації. Чекаючи вказівок, діти дивляться на своїх батьків, гравці дивляться на тренера, а люди дивляться на керівників своєї організації. Роль лідера-слуги полягає в тому, щоб допомагати людям у досягненні їхніх цілей. Лідер прагне змінити життя своїх людей на краще і в цьому процесі вплинути на організацію. Головні аспекти такого лідерства — це створення бачення та знаходження шляхів реалізації цього бачення [1, с.288].

К. Бланшар у книзі «Лідерство: к вершинам успеха» зазначає: «Коли менеджери зосереджені на індикаторах життєздатності своєї організації, вони дивляться на табло, а не на м'яч. Прибуток, ключовий аспект життєздатності організації, — побічний продукт обслуговування клієнта, який може бути досягнутий лише служінням співробітнику. Тому, насправді, прибуток — це схвалення, яке ви отримуєте, піклуючись про клієнта і створюючи мотивуюче середовище для ваших

співробітників» [1, с.297]. Саме у піклуванні про своїх працівників полягає ефективна мотивація, яка виводить діяльність підприємства на якісно новий рівень.

Як свідчить аналіз демографічного середовища (основного чинника макросередовища hr-маркетингу), сьогодні вагома частина працівників є представниками «покоління У». Представники даного покоління звикли, що «клієнт завжди правий», тож такого ставлення очікують до себе і збоку роботодавців. З урахуванням цього «розумне» лідерство має передбачати обов'язкове врахування індивідуальних аспектів у веденні кадрової політики.

Професійне зростання працівників. Відомо, що значну частину конкурентних переваг підприємства (якщо не всю) створюють його працівники, тож логічним є розуміння того, що рівень цих переваг значною мірою залежить від рівня кваліфікації та знань персоналу. Компетентні працівники швидко виявляють й ефективно вирішують проблемні ситуації, беруть на себе відповідальність за якість процесу виконання роботи та пропонують ініціативи для його удосконалення.

Підвищенню кваліфікації та розвитку персоналу сприяє його системне та якісне навчання. Але разом з тим значна частина підприємств розглядають навчання працівників як зайвий і занадто дорогий елемент в управлінні персоналом, намагаються його уникати або застосовувати лише формально.

Типовою проблемою, не тільки для українських підприємств, є ситуація з графіком навчання. Зазвичай, підприємства виділяють кошти на навчання своїх працівників, коли їх економічне становище є досить благополучним. Така позиція, з одного боку, є логічною, з іншого — ні. Оскільки в ситуації, коли підприємство покращує свої показники діяльності, робочий процес набирає обертів, працівники мають «тримати руку на пульсі» й ефективно виконувати свої професійні обов'язки, а за таких умов часу на навчання просто не вистачає. Коли ж підприємство знижує темпи своєї діяльності, у працівників, навпаки, створюються часові резерви, які варто було б ефективно використати шляхом навчання та розвитку персоналу. Однак, як показує практика, підприємства вкрай рідко використовують дану можливість.

Влучно висловився видавець журналу «T&D Director» та бізнес-консультант О. Мішин: «Успіх бізнесу приносять успішні співробітники» [3]. Успішні організації, які приділяють значну увагу розвитку свого персоналу, відчують зв'язок між компетентністю своїх працівників і прибутком, хоча в більшості випадків цей зв'язок дуже важко проаналізувати та підтвердити точними цифрами. Навіть провідні компанії, такі як Motorola, Men's Warehouse та ін. не можуть точно оцінити прибуток та ефективність інвестицій від навчання своїх працівників. Так, генеральний директор компанії Тасо Інс Дж. Хейзен Вайт на питання оцінки прибутку від створеного навчального центру, відповів: «Отриманий прибуток повертається у зміненому ставленні людей до роботи та до компанії в цілому. Люди відчують себе співучасниками цієї гри, а не тими, кого з неї виганяють. Коли працівники прагнуть розвивати свої професійні навички, компанія надає їм можливість та інструменти для цього» [10].

Професійне зростання персоналу має стати невід'ємною частиною як сфери послуг, так і виробничої системи в сучасних умовах ведення бізнесу. На підприєм-

ствах необхідно впроваджувати широкомасштабні навчальні програми, створювати корпоративні бібліотеки, підтримувати освоєння декількох професій працівниками, адже наявність персоналу, який може швидко адаптуватися до змін бізнес-середовища та має ґрунтовні теоретичні знання виробничого процесу, є надзвичайно важливим для забезпечення ефективної діяльності підприємства.

Децентралізація процесу прийняття рішень. Гарною мотивацією та поштовхом до дії є надання працівнику права участі у прийнятті рішень. Але, як показує практика, підприємства не використовують таку можливість. Більшість працівників не беруть участі у процесі прийняття рішень і стають безініціативними. Ідеї ж найбільш активних працівників часто навіть не приймаються до розгляду. Все це гальмує ініціативу та будь-яке прагнення працівників покращити бодай щось у своїй роботі та діяльності підприємства в цілому. В результаті створюються несприятливі умови для нововведень, які часто є обов'язковими в сучасному швидкозмінюваному світі бізнесу. Підлеглі підпорядковуються вказівкам керівництва, побоюючись втрати премії, зменшення заробітної плати, але вони слідують цим вказівкам формально. У такому випадку підприємство отримує далеко не ті результати, які мало дати впровадження, здавалося б, ефективного нововведення. Низькі або дуже посередні результати є наслідком відсутності зацікавленості працівників у підвищенні ефективності діяльності підприємства, персонал не відчуває своєї причетності до кінцевих результатів.

Можливість змінити таке становище вбачаємо у децентралізації та впровадженні колегіальних систем прийняття рішень. Децентралізація дає змогу підприємству адекватно та, головне, миттєво реагувати на проблемні ситуації, які часто виникають в умовах ринкової економіки. Надання права приймати рішення працівникам, які безпосередньо працюють на місцях і мають необхідні знання та здібності для цього, спонукає працівників до прийняття активної позиції у своїй роботі. Люди стають ініціативними та відповідальними за свої вчинки, відчувають причетність до результатів діяльності підприємства.

Так, наприклад, у мережі готелів Extended Stay America було запроваджено «зелені картки» — офіційний дозвіл прийняти від імені компанії сміливе рішення і не бути покараним або звільненим за його наслідками. Ці картки давали право співробітникам припуститися помилки один раз. Нововведення дало свої результати. Невдовзі компанія отримала 250 тис. дол. США прибутку завдяки сміливому рішенню одного з менеджерів [4]. Інша готельна мережа Ritz-Carlton Hotel надає кожному працівнику право витратити до 2,5 тис. дол. США на задоволення скарг клієнтів готелю без попереднього узгодження з керівництвом. Топ-менеджмент Ritz-Carlton Hotel переконаний, що задоволений клієнт розповість десяти іншим, а незадоволений — цілій сотні. Тож витрати на задоволення клієнта в даному разі вважаються невисокими, враховуючи при цьому ефективну рекламу та лояльність клієнта [2, с.152].

Децентралізація активно застосовується провідними компаніями. Так, у Google, наприклад, наголошується на необхідності довіри в команді та свободі підлеглих у прийнятті рішень, щоб вони підвищували свій професійний

рівень. «Немає сенсу наймати тямущих людей, а потім вказувати, що їм робити. Ми наймаємо тямущих людей, щоб вони говорили, що робити нам», — казав засновник Apple С. Джобс [4].

Щира та стабільна система комунікації. Важливим елементом ефективного управління персоналом є постійний обмін інформацією про кінцеві результати діяльності між усіма співробітниками. Надання інформації про фінансові та виробничі показники підприємства, його стратегічні орієнтири, показує працівникам, що їм довіряють і цінять як партнерів, а не лише як найману робочу силу.

«Жодних таємниць», — так назвав філософію управління компанії Whole Foods Market її генеральний директор Дж. Маккей. «У більшості компаній керівництво контролює інформацію і таким чином контролює людей. Шляхом обміну та поширення інформації ми починаємо розуміти співпричетність до результатів компанії». Головною передумовою ефективною командної роботи в даній компанії вважається довіра. Найкращим способом формування довіри (як між колегами, так і між працівниками та керівництвом) є усунення основного джерела недовіри — домислів і дезінформації про те, хто чим займається. Наслідком такого розуміння стала поява в кожному з магазинів Whole Foods книги, де вказується заробітна плата та премії за попередній рік усіх 6,5 тисяч працівників поіменно [7]. Такий підхід свідчить про те, що компанія відкрита і їй немає чого приховувати від своїх співробітників.

Генеральний директор Springfield ReManufacturing Corporation Дж. Стек створив систему ведення бізнесу «управління за методом відкритої книги» (Open-Book Management), яка стала надзвичайно популярною для вивчення та наслідування керівниками організацій з усього світу. В основу цієї системи покладено такий підхід: «Не використовуйте інформацію, щоб контролювати та залякувати людей. Використовуйте її для того, щоб навчити людей як працювати їм разом, щоб досягти спільних цілей. Ви не станете заощадливим виробником, даючи вказівки з центрального офісу. Найкращий спосіб контролювати витрати — залучити кожного працівника до досягнення цієї мети»[8]. Варто зазначити що Springfield ReManufacturing Corporation — це компанія, яка повністю належить своїм працівникам з 1983р., а вартість її акцій зросла у 2000 разів — з 10 центів до 199 дол. США за одну акцію.

Надзвичайно важливим аспектом комунікації є її форма. Звичні брошури та відеозвіти про діяльність підприємства є формами знеособленого спілкування, вони не дають працівникам відчуття та розуміння, що їх поважають та цінують. Набагато ефективнішими є особисті зустрічі керівництва з працівниками, які створюють атмосферу довіри та відвертості. Так, наприклад, генеральний директор найефективнішої поштової служби у світі New Zealand Post регулярно проводить зустрічі з невеликими групами співробітників. Працівникам авіакомпанії Southwest Airlines надають номери домашніх телефонів усіх топ-менеджерів компанії. У Virgin Atlantic Airways, кожен працівник знає номер домашнього телефону генерального директора авіакомпанії [2, с.227]. Такі нюанси свідчать про доступність керівництва компаній, що є важливим елементом самої суті комунікації, адже головною метою обміну інформації про діяльність компанії та її результати є формування відчуття довіри та причетності, створення бачення спільної мети.

Підсумовуючи сказане вище, слід зазначити: у доповіді про майбутнє людських ресурсів науковці «Центру ефективних організацій» Університету Південної Каліфорнії звертають увагу на необхідність трансформації індивідуального лідерства у колективне лідерство, а інтелектуальної власності у реагуючу спільну творчість, застосування сегментаційного підходу стосовно персоналу та важливості його навчання [6]. Такі тенденції підтверджують правильність наряду нашого бачення щодо управління людськими ресурсами на підприємстві.

Враховуючи надважливу роль людей у створенні цінності організації, слід зазначити, що hr-маркетинг — це ключ до її успіху. Адже він виступає ринковою концепцією управління, об'єктом якої є розвиток підприємства як єдиного цілого.

### Висновок

В умовах сильного та не завжди сприятливого макросередовища успіх підприємству може забезпечити лише те, що є для нього своєрідним та унікальним, що не можуть повністю відтворити його конкуренти. Так, усе, що має підприємство, умовно можна поділити на дві групи ресурсів: матеріальні (обладнання, фонди, нерухомість тощо) та людські (власне персонал підприємства). Перші являють собою лише інструмент для діяльності, другі — управляють цим інструментом. Відповідно, наскільки ефективним буде управління, настільки результативним буде діяльність підприємства. HR-маркетинг — це шлях до покращення цього управління. Розглянуті нами методи мають стати базовими елементами у побудові системи hr-маркетингу, на основі яких підприємство буде рости і розвиватись. Ці елементи взаємопов'язані та підсилюють дію один одного, створюють синергійний ефект корисної дії методів управління на сам предмет, адже гарантії робочого місця дають людині впевненість у завтрашньому дні, дарують їй надію на майбутнє; «розумне» лідерство дозволяє відчувати свою цінність; професійне зростання працівників забезпечує підвищення їхньої компетентності, дозволяє їм «рости над собою»; децентралізація процесу прийняття рішень спонукає працівників думати і брати на себе відповідальність та ініціативу; щира та стабільна комунікація створює атмосферу довіри та забезпечує ефективний зворотній зв'язок. Все це в сукупності формує у співробітників відчуття причетності до підприємства та результатів його діяльності, викликає бажання працівників у підвищенні власної ефективності та розвитку, створює зацікавленість у зростанні самого підприємства. Як наслідок, підприємство та персонал стають єдиним цілим, метою якого є розвиток і процвітання.

### Література

1. Бланшар К. Лідерство: к вершинам успеха /К. Бланшар; [пер.с англ.под ред. Т.Ю. Ковалевой]. — СПб.: Питер, 2011. — 368 с. [Ел.ресурс]. Режим доступа: <http://www.books.google.com.ua>.
2. Пфеффер Д. Формула успеха в бизнесе: на первом месте — люди /Д. Пфеффер; [пер.с англ. О.Л. Пелявского] — М.: Издательский дом «Вильямс», 2006. — 560 с.
3. Смирнов Ю. Тренды в маркетинге, менеджменте, управлении персоналом. 03.2011 / Ю. Смирнов, [Ел.ресурс] /Ideas for future. — Режим доступа: <http://ideas4future.info>.

4. *США*: Официальное право на ошибку. [Ел.ресурс] /HR-director. — Режим доступа: <http://www.hrd.com.ua>.
5. *Тайны кадровой политики* Google. [Ел.ресурс] /Marketing.Media.Reveiw. — Режим доступа: <http://mmr.ua>.
6. *Boudreau J.* The future of HR /J Boudreau, I. Ziskin [Electronic resource] / CEO. — URL: <http://ceo.usc.edu>.
7. *Fishman C.* Whole Foods is all Teams /C. Fishman // Fast Company magazine April/May 1996 / [Electronic resource] /Fast Company. — URL: <http://www.fastcompany.com>.
8. *Stack J.* Open-Book Management / J. Stack [Electronic resource] / SRC. — URL: <http://srcholdings.com/>
9. *Jackson T.* Richard Branson. Virgin king. /T. Jackson. — Roclin, CA: Prima Pub., 1996. — P. 448.
10. *Stewart T.* How a little company won big by betting on brainpower./ T. Stewart// Fortune Magazine. September 4, 1995/ [Electronic resource] / Money cnn. — URL: <http://money.cnn.com>.
11. *Reward Innovations in Fortune 1000 Companies.* Gerald E. Ledford, Jr. Edward E. Lawler, III. Susan A. Mohrman. [Electronic resource] /Center for Effective Organization. — URL: <http://ceo.usc.edu>.

## **ФОРМИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ МАРКЕТИНГА ЧЕЛОВЕЧЕСКИХ РЕСУРСОВ С ПОМОЩЬЮ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИННОВАЦИОННЫХ МЕТОДОВ УПРАВЛЕНИЯ ПЕРСОНАЛОМ ПРЕДПРИЯТИЙ**

Д.Г. Грищенко

*Национальный университет пищевых технологий*

*В статье рассмотрены методы (гарантии рабочего места, умное лидерство, профессиональный рост сотрудников, искренняя и стабильная коммуникация), которые являются основополагающими в построении системы маркетинга человеческих ресурсов (hr-маркетинга), и доказана целесообразность их применения для удовлетворения потребностей человеческих ресурсов на предприятии. Также раскрыта взаимосвязь методов и функций hr-маркетинга. Все эти методы в совокупности формируют у сотрудников ощущение причастности к предприятию и результатов его деятельности, вызывают желание работников в повышении собственной эффективности и уровня развития.*

**Ключевые слова:** *hr-маркетинг, гарантии занятости, умное лидерство, профессиональный рост, система коммуникации, децентрализация процесса принятия решений.*

УДК 355.58:637

## MEASURES TO PREVENT EMERGENCY SITUATION AT A DAIRY PLANT

N. Riabokon, O. Slobodjan, V. Zaec, A. Pukljak

National University of Food Technologies

---

**Key words:**

*Emergency situation*

*Dairy plants*

*Civil protection*

*Removal*

*Localization*

*Schedule of accident-free stopping*

---

**ABSTRACT**

Requirements to design and placement of dairy enterprises are specified. The basic stages of development, preconditions and signs of emergency situations in such enterprises are provided. On the example of a dairy plant, a schedule of non-accidental stop of a plant producing condensed milk cans was developed.

**Article history:**

Received 11.07.2014

Received in revised form

19.07.2014

Accepted 10.08.2014

---

**Corresponding author:**

N. Riabokon

**E-mail:**

ryabokon\_natawa@mail.ru

---

## ЗАХОДИ ЩОДО ЗАПОБІГАННЯ АВАРІЙНІЙ СИТУАЦІЇ НА МОЛОКОПЕРЕРОБНОМУ ПІДПРИЄМСТВІ

Н.В. Рябоконт, О.П. Слободян, В.А. Заєць, А.Г. Пухляк

Національний університет харчових технологій

*У статті визначено вимоги до проектування та розміщення молокопереробних підприємств. Наведено основні стадії розвитку, передумови й ознаки виникнення аварійних ситуацій на таких підприємствах. На прикладі молочноконсервного заводу розроблено графік безаварійної зупинки цеху з виробництва згущених молочних консервів.*

**Ключові слова:** аварійна ситуація, молокопереробне підприємство, цивільний захист, ліквідація, локалізація, графік безаварійної зупинки.

Processing enterprise is specified in the law of Ukraine "About Milk and milk products" as an enterprise which buys milk and raw milk, which has manufacturing facilities and conditions for the production of dairy products with guaranteed quality and safety in accordance with the regulating documents.

The design, location, construction, technical re-equipment and reconstruction of milk processing enterprise (plant, shop) is to be carried out in accordance with

acting safety requirements to design of the dairy industry; in accordance with public sanitary rules of planning and building of the human settlements, in accordance with building regulations and standards of technological design. Following of the above mentioned standards at all stages of the process, from the design of enterprise to the production of finished dairy products, is significant compulsory component of a comprehensive system of measures aimed at achieving of stable supply of customers with products of high-quality.

In accordance with its functional use, the territory of milk processing plant is divided into pre-plant zone, industrial zone, utility and storage territories. Administrative buildings, sanitary facilities, checkpoint, parking employees are located in pre-plant zone. The industrial buildings, mechanical repair plants are located in the production zone; the boilers, pump stations, storage of ammonia, oil products, fuel, construction and reserve building materials, packaging are placed in utility and storage zone. It should be mentioned that around borehole sand spare tanks for drinking water controlled zone is located, and protective zone is located round the treatment plant.

The design of the main production shops of the plant includes taking into account their location in accordance with the process flow and at the same time avoiding counter flows of raw materials and finished products [1].

Operating of dairy enterprises in full measure is enabled with plenty of technological equipment, workplace with proper working conditions, safety of vehicles, machinery and other capital goods.

Dairy plants are among the biggest in the food industry in terms of volume of production as well as in terms of the number of workers. Sizes of production facilities, automation of processes, large equipment (vacuum evaporators, dryers of different type, containers for temporary storage of raw materials and finished products) and large scale are the factors showing the necessity for the protection to prevent extreme emergencies. Such protection on dairy enterprises is provided by a system of civil protection.

Civil protection in Ukraine is a system of organizational, technical, sanitary, preventive and other measures that undertaken by the central and local executive bodies, local authorities and subordinated forces and means, enterprises, institutions and organizations regardless of ownership and by voluntary units [2]. They provide the implementation of measures for prevention and liquidation of emergency situations that threaten the lives and health of people and cause material damages in peace time and in times of crisis.

In foreign countries, civil protection, as a system of strategic viability of states, is designed to perform tasks that aimed at protecting of the population and economy from the situations of industrial and natural character.

Today almost all industrialized countries abroad are working to prevent natural and man-made disasters. This work is based on monitoring and forecasting. Each country develops and creates own variants of the national civil protection structures. Despite individuality all these systems are primarily guided by principles taking into account human law of the Geneva Convention of 1949.

Due to the scale of food enterprises, the number of working staff involved in production of consumer goods and due to quantity of technical equipment civil protection is of great importance in the food industry.

Considering the feasibility of the system described above we should mention that dairy industry is no exception from general trends since. Significant part of food industry enterprises can be treated as potentially dangerous objects.

Technical level of enterprises, concentration of production in big industrial cities, weak points of production location, organization of potentially dangerous activities in the zones of possible natural disasters should be treated as main factors affecting scale of the consequences of emergencies. Accidents often have catastrophic consequences accompanied by explosions, fires, radioactive and chemicals contamination of the environment [4].

The emergency situations are caused by violation of processes, equipment operation, temporary layoffs as a result of automatic safety locks and other local violations in the work of departments, sections and individual objects falling towers and power lines breaking.

Each industrial enterprise, including dairy plant, develops action plan of accident-free quick stop of production in case of an emergency (disaster). This plan should ensure decrease of risk of secondary damaging factors to the minimum. The feasibility of the plan and the willingness of staff to its execution are identified during civil protection (CP) testing.

Set of required documents for testing should be developed beforehand. Stages of development of the accident, conditions and characteristics of its origin, means of liquidation and localization on the example of ammonia refrigeration unit are shown in Table 1 below.

**Table 1. Stages of emergency development, conditions, signs of its occurrence, location and means of eliminating**

| № | Scenario name and stage of accident           | Background and signs of accident                | Means of emergency protection                                                                                                                   | Technical means of emergency protection                                         | The sequence of actions                                                                             |
|---|-----------------------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | Exceed of parameters above critical values    | Increasing values                               | To warn others about the danger, to use personal protection equipment, to do the emergency stop of compressors, to switch on crash ventilation. | Button of compressors emergency stop, pipe line fire, hand trunks RS-50, CMB-50 | Use personal protection equipment. Disconnect compressor using the emergency shutdown.              |
| 2 | Depreciation or material fatigue of equipment | Corrosion, mechanical wear, damage of equipment | Evacuate people from the danger zone, isolate the zone, prevent entering of unauthorized individuals, work only in protection clothing          | Filter respirator C D, insulating respirator IP-4                               | Inform about emergency via system of alerts communication. Assess the situation. Disable bad block. |

*Continuation of tabl. 1*

| № | Scenario name and stage of accident                        | Background and signs of accident                                                 | Means of emergency protection                                                                                                                                                                                                                  | Technical means of emergency protection         | The sequence of actions                                                                                                                                                                                                  |
|---|------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 3 | Mistakes of personnel servicing and repairing of equipment | Spill, leak, formation of gas clouds, depressurization of systems during repairs | Provide first aid to victims, direct victims from the zone of lesions for examination. In the case of intense gas leak, give it to evaporate, to apply water spray for its deposition. Isolate zone of emergency situation, notify management. | Protective suits, personal protection equipment | Block ways of getting ammonia in sewers, basements, tunnels. Neutralize gas using water hand barrels IBS-50,.Surround danger zone and evacuate people. Provide assistance to victims. Send people to medical examination |

Civil protection involves development of schedule of accident-free stopping of certain production zone or plant as a whole in order to prevent accidents on dairy enterprises system. For plotting of the schedule information about the content of preventive operations, their agents and t duration is required (Table 2).

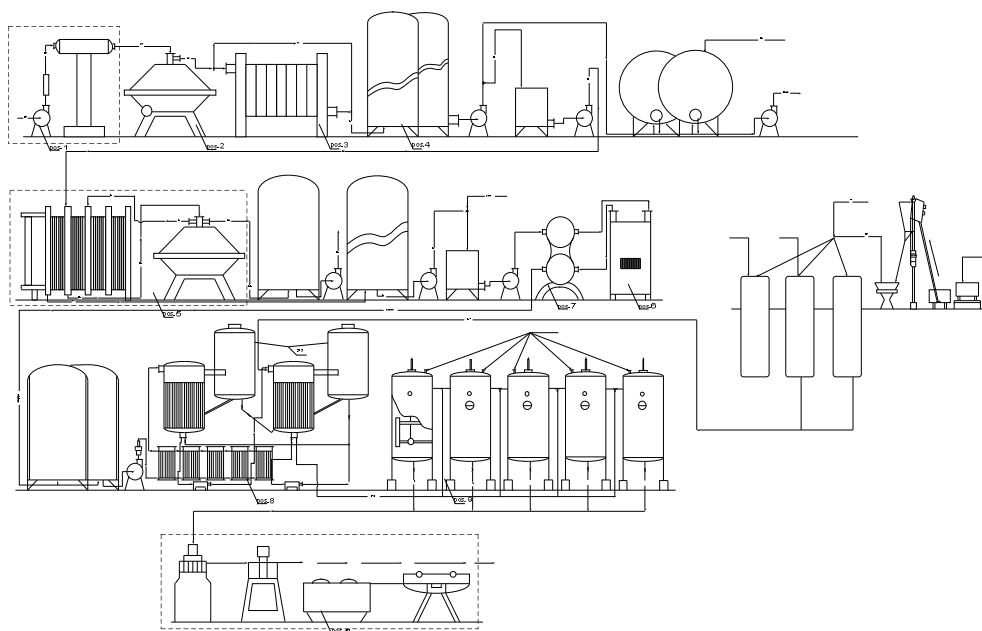
**Table 2. Content warning operation of accident-free stop the plant for the production of condensed canned milk with sugar and their duration**

|  | Content of the operation                                                                                               | Executor                                                | Start of operation, min | End of operation, min |
|--|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|-------------------------|-----------------------|
|  | Getting a signal                                                                                                       | Responsible duty                                        | 1                       | 2                     |
|  | Notification of plants                                                                                                 | Manager, Service of alerts                              | 2                       | 5                     |
|  | Stop the raw feeding                                                                                                   | Heads of departments, operators of industrial buildings | 3                       | 6                     |
|  | Sequential shut down of batchers                                                                                       | Mechanical-engineer                                     | 4                       | 7                     |
|  | Stop and disabling of equipment on all production lines                                                                | Mechanical-engineer                                     | 4                       | 20                    |
|  | Evacuation of the personnel                                                                                            | Responsible duty                                        | 5                       | 11                    |
|  | Disconnection of the voltage from power panels, switching off sources of emergency lighting                            | Duty electrician, chief of the plant                    | 10                      | 17                    |
|  | Covering the raw                                                                                                       | Responsible staff                                       | 7                       | 15                    |
|  | Blocking water and heating system                                                                                      | Duty mechanic                                           | 7                       | 9                     |
|  | Turning off the power of plants on the main distributing board                                                         | Chief Energy                                            | 14                      | 20                    |
|  | Disabling the well, blocking water                                                                                     | Mechanical-engineer                                     | 7                       | 10                    |
|  | Reporting to the chief engineer about shutdown of the production department, or milk processing enterprises in general | Chief Engineer                                          | 18                      | 22                    |

Data from Table 2 shows that during emergency stop of an enterprise the most intervals are spent for such operations as evacuation, equipment stop and turn off.

Schedule of trouble-free stop of the milk processing enterprises is shown on the example of prevention of emergency situations during the production of condensed canned milk with sugar.

Total technological scheme of sweetened condensed milk production is shown on Fig. 1.



**Fig. 1. Technological scheme for production of condensed milk with sugar**

Analyzing the data from Figure 1, we can say that the production of condensed milk cans requires the using of plenty of technological equipment and facilities.

Production of canned milk is performed in the following sequence: receiving milk (position 1), cleaning (position 2), cooling (position 3) and the temporary reservation (position 4), normalization (position 5), homogenization (position 6), pasteurization (position 7), condensation (position 8), cooling (item9), packing (position 10) [3]. In general, the production process provided such equipment and facilities as pumps for liquid and condensed products, cleaners, separators, tanks for interim reservation raw, pasteurizer-holder, tubular heat exchangers, homogenizers, vacuum evaporators, crystallizers, packing machines and so on.

Some technical equipment (vacuum evaporators, crystallizers) used in the production of condensed milk cans has large size and requires significant cost of resources, regular and thorough examination of service ability and capacity.

Schedule of trouble-free stop of the plant producing canned milk is shown in Fig. 2.

In the dairy plants according to the Order of the Ministry of Ukraine of Emergencies and Affairs of Population Protection from the Consequences of Catastrophe in Chernobyl No 288 of 15.05.2006 "Regulations setting, operation and maintenance of systems for early detection of emergency situations and notification of people at the moment of their occurrence" system of automatic early detection of emergencies, objective warning system, and on-call dispatcher service were established.

The plant which can threaten people's lives and also can cause damage is equipped by automatic systems for early detection of emergencies. This system includes technical sensors, sirens, etc. They control the dangerous parameters of equipment and environment.

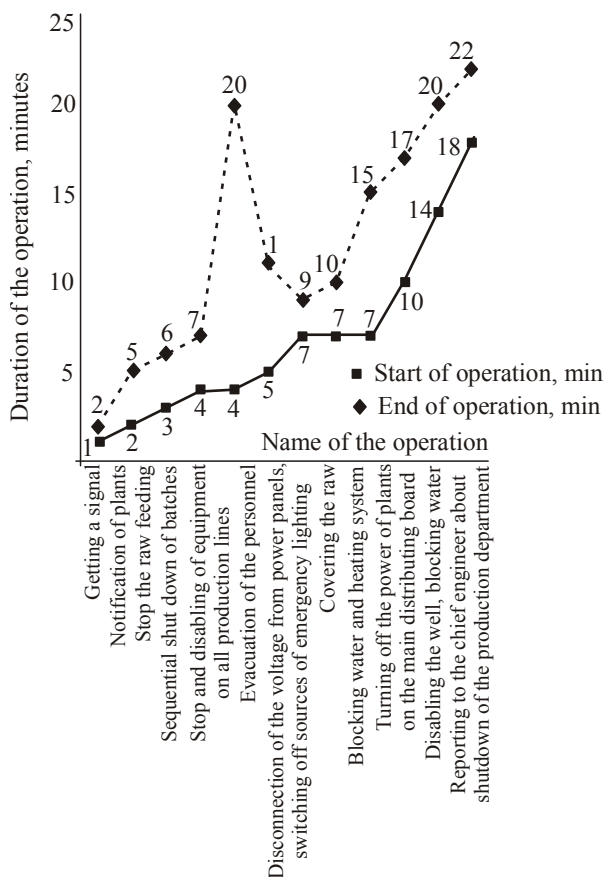


Fig. 2. Schedule of trouble-free stop of plant producing condensed milk cans

Object warning system provides alert of management and staff working in dairy plants employees on duty and responsible for shift in the rescue service of civil protection units, which are involved in joint action to eliminate and locate the accident. Such system includes an electric siren to send an "All attention" warning signal, street speaker, illuminated signs (information board), subscriber radio

receiving of the network public broad casting, centralized calling system, direct dial telephone between on duty manager and on duty employee of MIA.

The responsibility for timely notification of people who are on the territory of an enterprise and attracting of the necessary capabilities of civil protection services to control and eliminate an emergency (accident) relies on manager. The results of the above mentioned notification and arrival capabilities CP on duty service manager reports to the authorized supervisor of liquidation (localization) of emergency.

After receiving the notification about the accident manager should immediately perform the following steps via using the object warning system: enable a remote sirens start to transmit sound electric siren which means "All attention", transmit the appeal text to people who are on the territory of the enterprise, via the hotline with another MIA must report about the occurrence of the situation at the plant to attract the necessary capabilities of CP services (Deadline for notification is 3 minutes).

The time scheduled for collection capabilities of civil protection depends on the time of their gathering and the distance to the accident), to inform the company's management about emergency situation, to inform safety Inspector about the situation at the enterprise.

### Conclusions

The proposed engineering measures reduce the risk of accidents, fires, explosions, reduce material loss of plants, protect employees from entering into possible defer at zone of. A set of preventive measures ensures the security of all employees and, thereby, contribute to ensuring the necessary conditions of work of milk processing plant.

### References

1. *Воробійов О.О.* Цивільний захист: навчальний посібник / О.О. Воробійов, Л.В. Романів. — Чернівці, 2008. — 160 с.
2. *Закон Про правові засади цивільного захисту/ № 1859-IV* від 24.06.2004 .
3. *Скорчено Т.А.* Технологія молочних консервів / Т.А. Скорченко. — К.: НУХТ, 2007. — 232 с.
4. *Техногенно-економічна безпека та цивільний захист // Науковий збірник, випуск 1.* — Київ-Кременчук, 2010. — 158 с.

## МЕРЫ ПО ПРЕДУПРЕЖДЕНИЮ АВАРИЙНОЙ СИТУАЦИИ НА МОЛОКОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕМ ПРЕДПРИЯТИИ

**Н.В. Рябоконь, О.П. Слободян, В.А. Заец, А. Г. Пухляк**  
*Национальный университет пищевых технологий*

*В статье определены требования к проектированию и размещению молоко-перерабатывающих предприятий. Приведены основные стадии развития,*

*предпосылки и признаки возникновения аварийных ситуаций на таких предприятиях. На примере молочноконсервного завода разработан график безаварийной остановки цеха по производству сгущенных молочных консервов.*

**Ключевые слова:** *аварийная ситуация, молокоперерабатывающее предприятие, гражданская защита, ликвидация, локализация, график безаварийной остановки.*

УДК 664.061.4:084

## STUDY OF ENERGY INDICATORS OF PERIODIC VIBRO-EXTRACTION

V. Zavialov, T. Misyura, V. Bodrov, N. Popova, J. Zaporozhets, V. Dekanskiy  
*National University of Food Technologies*

---

**Key words:**

*Vibro-extraction  
Energy costs  
Operating parameters  
Hydraulic resistance  
Work environment  
Pulsating flow  
Batch process  
Power*

---

**ABSTRACT**

Current research deals with energy costs of periodic and continuous vibro-extraction process of plant material. It has been determined that vibration stirring during vibro-extraction process allows more efficient use of energy invested per unit volume of the vehicle, evenly distributing it to the cross section of the device. This data can be used to create a compact mass exchange apparatus having high unit capacity. The method of calculating the energy consumption for this process has been proposed.

---

**Article history:**

Received 15.07.2014  
Received in revised form  
22.07.2014  
Accepted 07.08.2014

---

**Corresponding author:**

V. Zavialov  
**Email:**  
npnuht@ukr.net

---

## ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ПРОЦЕСУ ПЕРІОДИЧНОГО ВІБРОЕКСТРАГУВАННЯ

В.Л. Зав'ялов, Т.Г. Мисюра, В.С. Бодров, Н.В. Попова, Ю.В. Запорожець,  
В.Є. Деканський

*Національний університет харчових технологій*

*У статті досліджено енерговитрати на періодичний процес віброекстрагування з рослинної сировини. Встановлено, що вібраційне перемішування при віброекстрагуванні надає можливість більш ефективно використати енергію, що вкладається в одиницю робочого об'єму двофазової системи, рівномірно розподіляючи її у поперечному перерізі апарата, що може бути використано під час створення компактних масообмінних апаратів великої одиничної продуктивності. Запропоновано методику розрахунку енерговитрат на процес.*

**Ключові слова:** віброекстрагування, витрати енергії, режимні параметри, гідравлічний опір, робоче середовище, пульсуючий потік, періодичний процес, потужність.

Вступ. Конструкції основних вузлів віброекстракційних апаратів відрізняються від традиційних екстракторів, що викликає необхідність пошуку й розроблення їх привідної та віброперемішувальної систем. Унаслідок цього віброекстрактори мають іншу, відмінну структуру гідродинамічних потоків та особливості енерговитрат на процес. Разом з тим, у більшості випадків відомі методи розрахунку їх енергетичних характеристик є непридатними для практичного використання, тому до сьогодення часу залишається нез'ясованою низка важливих енергетичних питань, вирішення яких сприятиме цілеспрямованому конструюванню апаратів такого типу.

Оцінювання витрати енергії при віброперемішуванні, як і при інших механічних способах інтенсифікації екстрагування, можливо виконати на основі встановлення залежності критерію потужності від критерія Рейнольдса. У такому випадку для кожної конструкції апарата залежність, яку можна отримати на основі результатів випробувань, матиме конкретний вигляд. Слід зазначити, що навіть незначні конструктивні зміни апаратів вимагають проведення спеціальних досліджень у лабораторних або промислових умовах. Інший можливий шлях визначення витрати енергії при віброперемішуванні — розрахунок усіх енергетичних витратних складових, а саме: енергії на подолання сил інерції, що виникають при зворотно-поступальному русі коливальних рухомих частин апарата, енергії на переміщення вверх-униз перемішувальних пристроїв, їх допоміжних і приводних елементів, а також енергії на подолання сил тертя перемішувальних пристроїв об робоче середовище.

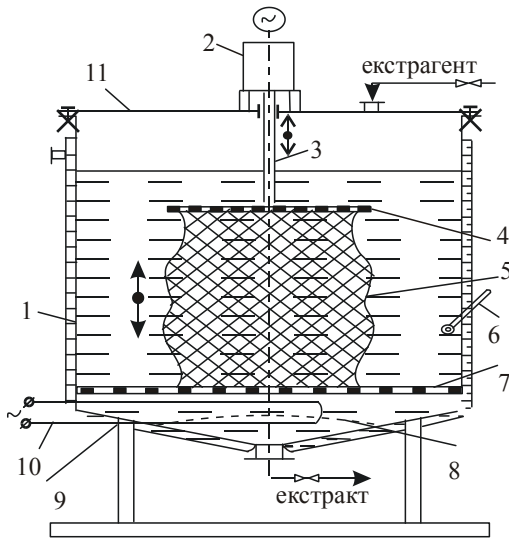
Постановка завдання. Встановити вплив режимних і конструктивних параметрів на енергетичні витрати в умовах періодичного процесу з урахуванням особливостей віброекстрагування цільових компонентів із рослинної сировини.

Виклад основного матеріалу. Досліджувався вплив низькочастотних механічних коливань як джерела створення пульсуючих вібротурбулізуючих знакозмінних струменів у системі рідина — тверде тіло на енерговитрати при періодичному екстрагуванні з рослинної сировини.

Конструкція віброекстрактора періодичної дії (рис.1) має циліндричний корпус 1 діаметром 0,31м і висотою 0,4 м, в якому розміщено віброперемішувальну систему, що складається з гнучкого контейнера 5 спеціальної конструкції, закріпленого на сітчастій опорі 7 та з'єданого штоком 3 через верхній перфорований диск 4 з віброприводом 2.

В апараті передбачена можливість створення турбулентних пульсуючих знакозмінних потоків, напрямлених як до периферії апарата, так і до центральної його частини. Гідродинамічні властивості цих потоків визначають їх дію як турбулізуючого фактора на мікрорівні й макромасштабного фактора, що усуває застійні зони.

Екстрактор працює таким чином: у підготовлений та очищений гнучкий контейнер 5 екстрактора завантажують сировину, закривають кришку апарата 11 і після заповнення екстрагентом робочого об'єму апарата вмикають вібропривід 2. При цьому екстрагент починає вільно перемішуватися в центральній і периферійній зоні всього робочого об'єму апарата.



**Рис. 1. Схема лабораторного віброекстрактора періодичної дії:**

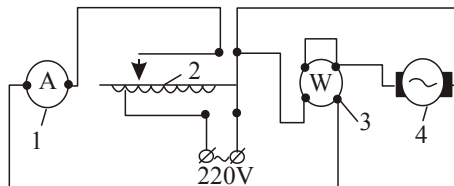
- 1 — корпус апарата; 2 — вібропривід; 3 — штук; 4 — перфорований диск; 5 — гнучкий контейнер; 6 — термометр; 7 — сітчаста опора; 8 — фільтр; 9 — оболонка; 10 — нагрівальний елемент; 11 — кришка

міші в об'ємі апарата віброперемішувальними пристроями різних конструкцій [1, 3] здійснювалось у системі чайна сировина — вода за коефіцієнтом розчинення модельних зразків сірчаноокислого алюмінію за методикою, описану у [3].

Потужність, необхідна для виконання роботи при віброперемішуванні, визначалась електричним методом за різницею потужностей робочого і холостого ходу (без робочого середовища) з урахуванням втрат на активний опір електродвигуна за рівнянням:

$$N = N_{\text{роб}} - N_x - (I_{\text{роб}}^2 - I_x^2)R, \quad (1)$$

де  $N$  — загальна потужність, необхідна для виконання роботи при віброперемішуванні, Вт;  $I_{\text{роб}}$ ,  $N_{\text{роб}}$  — відповідно сила струму і потужність, необхідна для виконання роботи під час робочого ходу, А, Вт;  $I_x$ ,  $N_x$  — відповідно сила струму і потужність, необхідна для виконання роботи холостого ходу, А, Вт;  $R = 20$  Ом — активний опір електродвигуна привода установки. Електрична схема вимірювань показана на рис.2.



**Рис. 2. Принципова схема лабораторних електровимірювань:**

- 1 — амперметр; 2 — автотрансформатор (ЛІАТР); 3 — ватметр; 4 — електродвигун

При робочій амплітуді та частоті коливань вібраційної системи інтенсивність перемішування оцінюється швидкістю обтікання екстрагентом поверхні частинок твердої фази. Пульсуючий потік середовища, генерований перфорованою перегородкою 4, спрямований також до дна апарата, збуджує шар частинок у контейнері 5. За відсутності парової мережі апарат обігрівають гарячою водою через оболонку 9 від зовнішнього підігрівача або електронагрівальних елементів 10.

Встановлення зв'язку між параметрами коливань робочих органів і витратою енергії на створення коливань, а також дослідження енерговитрат на турбулізацію двофазової суміші

При зміні параметрів коливань віброперемішувальної системи встановлювалась залежність питомої потужності від інтенсивності коливань для апарата періодичної дії з гнучким контейнером (рис.3) у координатах  $N/(pnF) = \varphi(Af)$ , де  $\rho$  — густина робочого середовища,  $\text{кг/м}^3$ ;  $n$  — кількість вібрувальних елементів (тарілок);  $F$  — площа поперечного перерізу апарата,  $\text{м}^2$ ;  $A \cdot f$  — інтенсивність коливань віброперемішувальної системи,  $\text{м/с}$ .

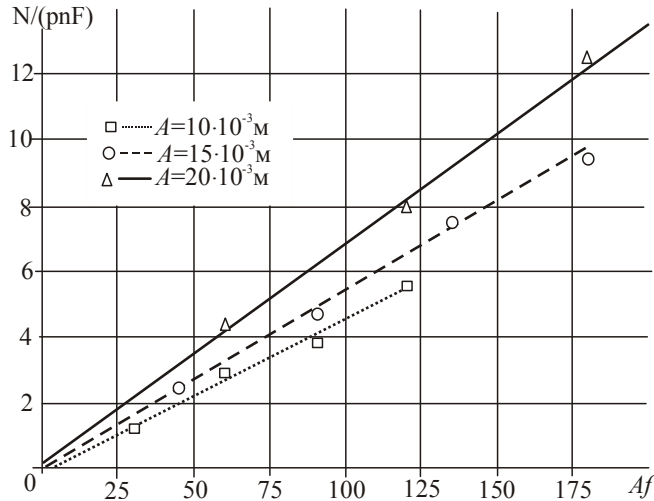


Рис. 3. Залежність питомої потужності на періодичний процес віброекстрагування від інтенсивності коливань віброперемішувальної системи для різних амплітуд її коливань

Як видно з графіка на рис.3, питома потужність, необхідна для здійснення роботи при віброперемішуванні, суттєво залежить від параметрів коливань віброперемішувальної системи. Причому амплітуда коливань більше впливає на енерговитрати, ніж частота.

Аналізуючи розмірність складових комплексу ординати наведеного графіка, є очевидним його фізичний зміст:  $(\text{Вт/кг})/(\text{м}^2/\text{м}^3)$  — відношення питомої енергії до питомої об'ємної поверхні контакту фаз.

На цьому ж графіку нанесено відповідні розрахункові дані для амплітуди коливань  $A = 15 \cdot 10^{-3}$  м за методикою, що пропонується для визначення енерговитрат при перемішуванні в умовах періодичного віброекстрагування. Характер розташування цих точок підтверджує правомірність використання такої методики для інженерних розрахунків. Представлені графічні залежності показують, що витрата енергії збільшується із збільшенням інтенсивності коливань віброперемішувальної системи.

На рис.4 показана залежність коефіцієнта розчинення модельних зразків сірчаноокислого алюмінію від споживаної потужності при віброперемішуванні.

Із рис. 4 видно, що при інтенсифікації зовнішнього масоперенесення в системі тверде тіло — рідина за моделлю, що використовується, з режимних параметрів роботи періодично діючого віброекстрактора встановлено, що амплітуда коливань чинить найбільший вплив, але разом з тим призводить до більших енерговитрат, тому рекомендованою слід вважати частоту до 9 Гц при амплітудах віброперемішувальної системи до  $20 \cdot 10^{-3}$  м.

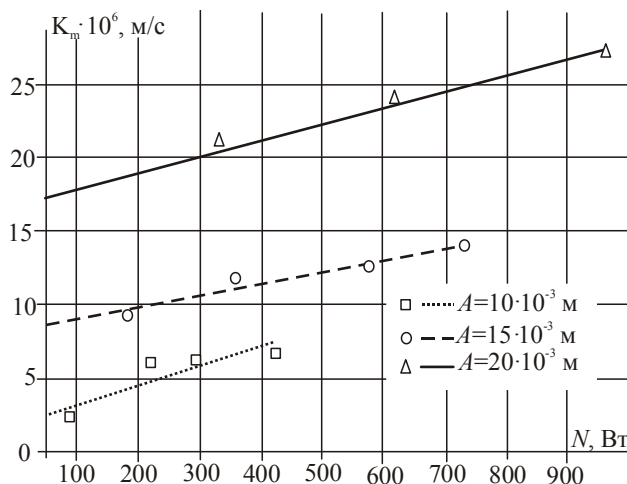


Рис. 4. Залежність коефіцієнта розчинення (масовіддачі) модельного зразка сірчаноокислого алюмінію від потужності на віброперемішування

Таким чином, враховуючи реалії періодичного віброекстрагування для розрахунку енерговитрат на процес, як приклад, для розробленої нами більш складної конструкції віброекстрактора періодичної дії з гнучкими мембранами [1] пропонується такий порядок розрахунку відповідних показників для встановлення енергетичних витрат:

Об'єм суміші, що переміщується однією мембраною в межах однієї комірки, м<sup>3</sup>:

$$V_k = 0,393AD^2, \quad (2)$$

де  $A$  — амплітуда коливань мембрани, м;  $D$  — діаметр мембрани, м.

Маса суміші, яка переміщується однією мембраною в робочому об'ємі в межах однієї комірки, кг:

$$M_m = V_k \rho_{\text{сум}}, \quad (3)$$

де  $\rho$  — густина суміші, кг/м<sup>3</sup>.

Маса суміші, яку  $N$  мембран екстрактора переміщують вгору або вниз, кг:

$$M_{m,e} = M_m N_k. \quad (4)$$

Сила, що потрібна на переміщення маси суміші, Н:

$$\text{- угору} \quad F_B = M_e (a + g); \quad (5)$$

$$\text{- вниз} \quad F_H = M_e (a - g), \quad (6)$$

де  $a$  — прискорення, що надається суміші мембраною, м/с<sup>2</sup>;  $g$  — прискорення вільного падіння, м/с<sup>2</sup>;  $A$  — амплітуда коливань мембрани, м;  $f$  — частота коливань, с<sup>-1</sup>.

Робота на переміщення маси суміші всіма  $N$  тарілками, Дж:

$$A_{me} = 2(F_B + F_H) A. \quad (7)$$

Потужність на переміщення маси суміші, Вт:

$$N_{\text{ме}} = A_{\text{ме}} N. \quad (8)$$

Потужність на переміщення мас  $N$  мембран і мас рухомих вузлів віброприводу, Вт:

$$N_{\text{тв}} = 2(A_{\text{т}} + A_{\text{в}}) A, \quad (9)$$

де  $A_{\text{т}}$  — робота на переміщення маси мембран, Дж:

$$A_{\text{т}} = M_{\text{т}}(a + g) + M_{\text{т}}(a - g) = 2aM_{\text{т}}; \quad (10)$$

$A_{\text{в}}$  — робота на переміщення маси рухомих вузлів, Дж:

$$A_{\text{в}} = 2aM_{\text{в}}, \quad (11)$$

де  $M_{\text{т}}$ ,  $M_{\text{в}}$  — відповідно сумарні маси мембран та рухомих вузлів, кг;  $a$  — прискорення руху мембран та руху вузлів,  $\text{м/с}^2$ .

Потужність на подолання опору середовища вібрувального робочого елемента при русі мембрани вгору і вниз:

$$N_{\text{оп}} = w_0 \frac{\pi d_{\text{еі}}^2}{4} \cdot \Delta p_i, \quad (12)$$

де  $\Delta p_i = \rho \frac{w_0^2}{2} (\xi_0 + \xi_3)$  — перепад тиску по обидві сторони мембрани;  $\xi_0$ ,  $\xi_3$  — коефіцієнти місцевих гідравлічних опорів при перетоку робочого середовища через отвори в мембрані та перетоку через зазор між корпусом і мембраною;  $w_0 = 2Af(1 - \varepsilon)/\varepsilon$  — початкова середньоінтегральна за період коливань швидкість пульсуючих потоків;  $A, f$  — відповідно амплітуда та частота коливань;  $\varepsilon$  — відносний загальний вільний переріз мембрани.

Сумарна потужність на переміщення мас суміші, мембран і рухомих вузлів апарата, Вт:

$$N_3 = (N_{\text{ме}} + N_{\text{тв}} + N_{\text{оп}}) \quad (13)$$

Розрахункова загальна потужність віброприводу для здійснення роботи при віброперемішуванні для даного типу віброекстрактора періодичної дії, Вт:

$$N_{\text{вп}} = \frac{(N_{\text{ме}} + N_{\text{тв}} + N_{\text{оп}})}{\eta_{\text{п}}}, \quad (14)$$

де  $\eta_{\text{п}}$  — загальний ККД приводу.

### **Висновки**

Перевага вібраційного способу перемішування в умовах процесу твердофазового екстрагування, порівняно з перемішуванням найбільш перспективною на сьогодні турбінною мішалкою, досягається за рахунок кращої масообмінної й енергетичної реалізації пульсуючих потоків робочого середо-

вища. Потужність, необхідна для здійснення роботи при віброперемішуванні, визначається силою інерції при коливальному русі і силою опору, створеною в'язким тертям перемішувального пристрою у в'язкому робочому середовищі. Отже, технологічні й енергетичні характеристики віброекстракторів роблять їх конкурентоспроможними на вітчизняному та світовому ринку екстракційного обладнання.

### **Література**

1. Патент 99991 UA на винахід, МПК B01D 11/02 (2006.01) Віброекстрактор / Зав'ялов В.Л., Бодров В.С., Попова Н.В., Мисюра Т.Г., Варганова І.В., Мілюгін О.І.; заявник Національний університет харчових технологій. — № u201112896; заявл. 02.11.2011; опубл. 25.10.2012, Бюл. № 20, 2012 р.
2. Патент 14515 UA, МПК B01D 11/2 (2006) Вібраційний Екстрактор / Бодров В.С., Зав'ялов В.Л., Попов Н.В., Мисюра Т.Г.; заявник Національний університет харчових технологій. — № u 200511361; заявл. 30.11.2005; опубл. 15.05.2006, Бюл. № 5, 2006 р.
3. Патент 85436 UA, МПК B01D 11/2 (2009) Екстрактор / Зав'ялов В.Л., Попов Н.В.; заявник Національний університет харчових технологій. — № a200703027; заявл. 22.03.2007; опубл. 26.01.2009, Бюл. № 2, 2009 р.
4. Лобода П.П., Стабников В.Н. Влияние интенсивности механических колебаний на скорость растворения // Пищевая технология. — 1965. — № 2. — С. 165—170.
5. Вибрационные массообменные аппараты / И.Я. Городецкий, А.А. Васин, В.М. Олевский, П.А. Лупанов; Под ред. В.М. Олевского. — М.: Химия, 1980. — 192 с.
6. Плановський А.Н. Процеси і апарати хімічної і нафтехімічної технології. / А.Н. Плановський, П.І. Николаєв. — М., Хімія, 1972. — С. 493.
7. Карпачева С.М. Применение пульсационной техники для интенсификации химического производства / С.М. Карпачева, Л.С. Рагинский, Л.П. Хорхорина // Журнал прикладной химии. — 1986. — № 9. — С. 195.
8. Карпачева С.М., Рябчикова Б.Е. Пульсационная аппаратура химической технологии. — М.: Химия, 1983. — 224 с.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРОЦЕССА ПЕРИОДИЧЕСКОГО ВИБРОЭКСТРАГИРОВАНИЯ**

**В.Л. Зав'ялов, Т.Г. Мисюра, В.С. Бодров, Н.В. Попова, Ю.В. Запорожец, В.Е. Деканский**

*Національний університет пищевых технологий*

*В статье представлены результаты исследования энергозатрат на периодический процесс виброэкстрагирования из растительного сырья. Установлено, что вибрационное перемешивание при виброэкстрагировании позволяет более эффективно использовать энергию, вкладываемую в единицу рабо-*

чего объема двухфазной системы, равномерно распределяя ее в поперечном сечении аппарата, что может быть использовано при создании компактных массообменных аппаратов большой единичной производительности. Предложена методика расчета энергозатрат на процесс.

**Ключевые слова:** виброэкстрагирование, расход энергии, режимные параметры, гидравлическое сопротивление, рабочая среда, пульсирующий поток, периодический процесс, мощность.

УДК 664.1.054

## **VOLUME GEOMETRIC MODEL OF SUGAR CRYSTALS IN A CELL SYSTEM: SUGAR CRYSTALS - INTERCRYSTALLINE SOLUTIONS OF SUCROSE - STEAM BUBBLE**

**T. Pogoriliyy**

*National University of Food Technologies*

---

**Key words:**

*Cellular model*

*Sugar crystal*

*Parallelepiped*

*Ball*

*Sphere*

---

**Article history:**

Received 17.07.2014

Received in revised form

23.07.2014

Accepted 06.08.2014

---

**Corresponding author:**

T. Pogoriliyy

**E-mail:**

taras22@mail.ru

---

**ABSTRACT**

The continuation of the nonstationary heat conduction and diffusion mass exchange problem between sucrose and steam bubble cell mathematical model creation in three-dimensional case (on coordinate) is presented. For the mathematical modeling of the process in question, it is necessary to develop and construct a geometric model of cellular simultaneous contact by volume (three-dimensional) case for such a system: sugar crystal of a lower cell - sucrose solution of a lower cell - steam bubble - sucrose solution of a bigger cell — sugar crystal of a bigger cell. For this purpose, a geometric three-dimensional model for bigger and smaller sugar crystal is designed and constructed. The cases of sugar crystals in the form of balls (spheres) and parallelepipeds are analyzed. The difference between the values of the surface area of the crystals and the difference between the values of the volume depending on the choice of form of sugar crystals is determined. The question of the intercrystalline sucrose solution distribution between bigger and smaller sugar crystals is considered. The difference between the values of portioned intercrystalline sucrose solution depending on choice between the ball (sphere) and parallelepiped form of crystal is found.

---

## **ОБ'ЄМНА ГЕОМЕТРИЧНА МОДЕЛЬ КРИСТАЛІВ ЦУКРУ В СИСТЕМІ КОМІРОК: КРИСТАЛИ ЦУКРУ-МІЖКРИСТАЛЬНІ РОЗЧИНИ САХАРОЗИ-ПАРОВА БУЛЬБАШКА**

**Т.М. Погорілий**

*Національний університет харчових технологій*

*У статті представлено продовження створення математичної моделі нестационарного процесу теплообміну та дифузійного масообміну між комірками сахарози й паровою бульбашкою в тривимірному (по координаті) випадку. Для математичного моделювання процесу, що розглядається, необхідно спочатку розробити й побудувати геометричну комірчасту модель одночасного контакту в об'ємному (тривимірному) випадку для такої системи: кристал цукру меншої комірки-розчин сахарози меншої комірки-парова бульбашка-розчин сахарози більшої комірки-кристал цукру більшої*

комірки. Для цього розроблено та побудовано об'ємну геометричну модель більшого й меншого кристалів цукру. Проаналізовано випадки кристалів цукру у формі кулі (сфери) та паралелепіпеда. Встановлено різницю між величинами площі поверхні кристалів і різницю між величинами їх об'ємів залежно від вибору форми моделі кристалів цукру. Розглянуто питання розподілу міжкристального розчину сахарози між більшим і меншим кристалами цукру. Визначено різницю для кількості величини розподіленого міжкристального розчину залежно від вибору форми кристалів у вигляді кулі (сфери) та паралелепіпеда.

**Ключові слова:** *комірчаста модель, кристал цукру, паралелепіпед, куля, сфера.*

Постановка проблеми. Однією з основних проблем у харчовій або хімічній промисловості є математичне моделювання того чи іншого процесу з метою покращення його проходження та зниження енерговитрат на його проведення. В цукровій промисловості найскладнішим, найбільш енергетично ємнішим і таким, що найважче піддається описанню, є процес кристалізації цукру з розчину сахарози при масовому уварюванні утфелів в промислових умовах.

Для створення математичної моделі процесу кристалізації сахарози, яка б найповніше описувала цей процес, передусє створення геометричної моделі розглядуваної системи. Цукровий утфель являє собою складну багатозфазну дисперсну систему. У пропонованому дослідженні утфель розглядається з точки зору комірчастої моделі в такому вигляді: *кристал цукру меншої комірки-розчин сахарози меншої комірки-парова бульбашка-розчин сахарози більшої комірки-кристал цукру більшої комірки*. Насамперед у цій системі необхідно вибрати форму та створити об'ємну модель кристалів цукру більшої та меншої комірок.

Можна стверджувати, що підхід до створення математичної моделі процесу кристалізації цукру може бути використаний і в будь-якій іншій суміжній галузі, тобто там, де в дисперсній системі, що розглядається, наявні дві або три складові фази. В даному випадку це кристалл-розчин і кристалл-розчин-парова бульбашка. Через складність описання цього процесу при масовій кристалізації сахарози в реальних умовах у дослідженні використано ряд припущень для створення ідеалізованої моделі.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Останні дослідження [1, 2, 3] математичних моделей процесу масової кристалізації сахарози підтверджують, що через складність перебігу даного процесу, особливо в промислових умовах, на сьогоднішній день не існує єдиного підходу та не вироблено єдиної загальноприйнятої теорії, яка б дала відповіді на всі питання стосовно процесу кристалізації. Також залишається відкритим питання, які стосуються процесу рекристалізації, який займає вагоме місце в процесі кристалізації сахарози. Необхідно створити математичну модель, яка б описувала цей процес, та визначити особливості його впливу при проходженні процесу масової кристалізації сахарози в промислових умовах.

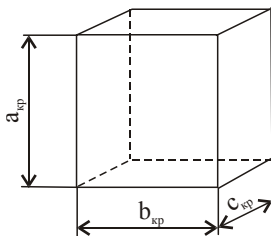
Мета: розглянути питання створення геометричної моделі комірок кристалів цукру у тривимірному випадку — у формі паралелепіпеда та сфери, кож-

на з яких відноситься до різних координатних систем (прямокутної (декартової) та сферичної). Варто зауважити, що від вибору форми кристала залежатиме, в якій системі незалежних змінних для наведеної вище системи комірок будуть записані диференціальні рівняння в частинних похідних, що описують нестационарні процеси тепло- та масообміну.

Матеріали і результати дослідження. Передусім слід побудувати геометричні моделі різної форми окремо для одиничних кристалів цукру меншої та більшої комірки і визначити їхні особливості. Наступним етапом в створенні геометричної моделі в згаданій вище системі комірок є питання вибору геометричних моделей (форма, розміри) окремо для комірок міжкристальних розчинів сахарози, що оточують, відповідно, менший і більший кристали цукру, та геометрична модель для парової бульбашки. На жаль, через обмеженість об'єму викладення останні два питання виносяться за межі даної статті. Але створення цих моделей (міжкристальний розчин, парова бульбашка) повністю залежатиме від вибору моделі кристала цукру.

Кожен з кристалів цукру більшої та меншої комірок розглянемо окремо. Для побудови геометричної моделі розглядатимемо надалі, наприклад, більший кристал цукру, називаючи його просто *кристал цукру*, не зазначаючи його розмір, якщо це змістовно не вагомо. Хоча, зрозуміло, що всі подальші роздуми стосуються і меншого кристала цукру.

Як відомо, кристали сахарози кристалізуються в клиноромбічній або моноклінічній системі і за формою є досить складними [3]: кристал являє собою комбінацію шести кристалографічних форм, які характеризуються в просторі трьома кристалографічними осями координат  $a$ ,  $b$ ,  $c$ , що використовуються для визначення положення всіх граней кристала. Вісь  $c$  розміщена вертикально, вісь  $b$  — горизонтально і проходить через кристал зліва направо, а вісь  $a$  нахилена вниз від задньої грані до передньої, тобто перебуває під прямим кутом до осі  $b$  і нахилена під кутом  $\beta = 103^\circ 30'$  до осі  $c$ . Осьові кути  $\alpha$  та  $\gamma$  дорівнюють  $90^\circ$ . Кристал сахарози, вирощений у чистому розчині, має



**Рис. 1.** Тривимірна модель кристала цукру у вигляді паралелепіпеда

12 граней. Нормальні пропорції кристала сахарози, вирощені в чистому розчині, мають співвідношення довжин осей  $a : b : c = 1,2595 : 1,0000 : 0,8782$ . Слід зазначити, що таке ж відношення розмірів має і молекула сахарози:  $a = 1,089$ ;  $b = 0,869$ ;  $c = 0,777$  нм [3].

У зв'язку зі складністю моделювання (математичного описання) такої форми кристала цукру приймемо такі спрощення: базуючись на тому, що два осьові кути дорівнюють  $90^\circ$ , а третій дещо більший за  $90^\circ$ , але в певній мірі близький до нього, представимо кристал цукру у вигляді паралелепіпеда. Пропорцію сторін, виберемо такою, що відповідає відомим зазначеним вище співвідношенням довжин осей нормального кристала сахарози, який вирощений у чистому розчині. Зображення моделі кристала цукру у вигляді паралелепіпеда з такою пропорцією сторін подано на рис. 1.

Введемо такі позначення для сторін кристала цукру: найбільшу сторону позначимо  $a_{кр 1}$ , середню —  $b_{кр 1}$ , найменшу —  $c_{кр 1}$ . У випадку для згаданої вище системи комірок сторони більшого кристала позначимо, відповідно, через  $a_{кр 1}$ ,  $b_{кр 1}$  та  $c_{кр 1}$ , а сторони меншого - через  $a_{кр 2}$ ,  $b_{кр 2}$  та  $c_{кр 2}$ .

Припустимо, що задалися характерні розміри більшого  $l_{кр 1}$  та меншого  $l_{кр 2}$  кристалів цукру визначені наперед, і що саме ця величина відповідає введеним у розробленій моделі більшій стороні кристала: більша сторона більшого кристала цукру (відповідає вже введеному позначенню через змінну  $a_{кр 1}$ ) дорівнює  $l_{кр 1}$ ; розмір більшої сторони меншого кристала (відповідає вже введеному позначенню  $a_{кр 2}$ ) дорівнює  $l_{кр 2}$ . Тоді співвідношення для сторін кристала цукру більшої комірки можна записати у такому вигляді:

$$\begin{aligned} a_{кр 1} &= l_{кр 1}; \quad b_{кр 1} = \frac{1}{1,2595} \cdot l_{кр 1} = \frac{1}{1,2595} \cdot a_{кр 1}; \\ c_{кр 1} &= \frac{0,8782}{1,2595} \cdot l_{кр 1} = \frac{0,8782}{1,2595} \cdot a_{кр 1}. \end{aligned} \quad (1)$$

Для меншої комірки:

$$\begin{aligned} a_{кр 2} &= l_{кр 2}; \quad b_{кр 2} = \frac{1}{1,2595} \cdot l_{кр 2} = \frac{1}{1,2595} \cdot a_{кр 2}; \\ c_{кр 2} &= \frac{0,8782}{1,2595} \cdot l_{кр 2} = \frac{0,8782}{1,2595} \cdot a_{кр 2}. \end{aligned} \quad (2)$$

Відразу розрахуємо площу поверхні та об'єм кожного з кристалів при введених пропорціях їх сторін (1)—(2). Це знадобиться в майбутньому для моделювання та визначення кількості міжкристального розчину сахарози.

Отже, площа поверхні більшого кристала цукру  $S_{кр 1}$  визначатиметься на основі виразу (1) з наступного виразу як:

$$S_{кр 1} = 2(a_{кр 1} \cdot b_{кр 1} + b_{кр 1} \cdot c_{кр 1} + c_{кр 1} \cdot a_{кр 1}), \quad (3)$$

а площа поверхні меншого кристалу цукру  $S_{кр 2}$  визначатиметься на основі виразу (2) як:

$$S_{кр 2} = 2(a_{кр 2} \cdot b_{кр 2} + b_{кр 2} \cdot c_{кр 2} + c_{кр 2} \cdot a_{кр 2}). \quad (4)$$

Відповідно визначатиметься об'єм більшого кристала цукру  $V_{кр 1}$ :

$$V_{кр 1} = a_{кр 1} \cdot b_{кр 1} \cdot c_{кр 1}, \quad (5)$$

а також об'єм меншого кристала цукру  $V_{кр 2}$ :

$$V_{кр 2} = a_{кр 2} \cdot b_{кр 2} \cdot c_{кр 2}. \quad (6)$$

Слід зазначити, що іноді дослідники [3, 8] при створенні геометричної моделі кристалів цукру використовували форму кулі (сфери) (рис. 2). Постає питання, яким чином співвідносяться ці дві моделі кристалів цукру і на якій формі зупи-

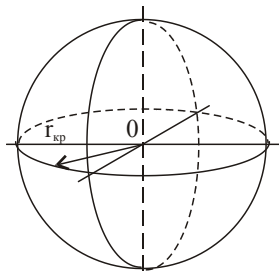


Рис. 2. Тривимірна модель кристала цукру у вигляді кулі

нити свій вибір при створенні математичної моделі вказаної вище системи комірок. Знайдемо формули для визначення числових значень таких характеристик: як співвідносяться між собою величини об'ємів і величини площі поверхонь для моделей цукру, представлених у вигляді паралелепіпеда (рис. 1) та кулі (рис. 2) для довільних їх розмірів, тобто у найбільш загальному випадку.

З цією метою характерний розмір кристала цукру, представлений у вигляді кулі, величину її діаметра  $d_{кр}$ , вважатимемо таким, що дорівнює характерному розміру кристала цукру, представленого у вигляді паралелепіпеда, величиною його більшої сторони, яку позначимо через  $l_{кр}$ . Радіус кристала цукру у вигляді кулі буде визначатися як  $r_{кр} = d_{кр} / 2$ . На основі цього можна записати таку залежність між радіусом  $r_{кр}$  і довжиною  $l_{кр}$ :

$$r_{кр} = \frac{d_{кр}}{2} = \frac{l_{кр}}{2}, \quad (7)$$

звідки знаходимо, що

$$l_{кр} = 2r_{кр}. \quad (8)$$

Об'єм кристала цукру у вигляді кулі з діаметром  $d_{кр} = l_{кр}$  на основі відомих формул і виразу (7) дорівнюватиме:

$$V_{кр, куля} = \frac{4}{3} \pi r_{кр}^3 = \frac{4}{3} \pi \left( \frac{l_{кр}}{2} \right)^3 = \frac{1}{6} \pi l_{кр}^3 \approx 0,5236 \cdot l_{кр}^3. \quad (9)$$

Об'єм кристала цукру у вигляді паралелепіпеда з більшою стороною  $a_{кр} = l_{кр}$ , та всіма іншими сторонами, що визначаються за формулами (1), визначатиметься на основі виразу (5) без урахування індексу 1 (або ж за формулами (2) та (6) без врахування індексу 2) таким чином:

$$\begin{aligned} V_{кр, парал} &= a_{кр} \cdot b_{кр} \cdot c_{кр} = l_{кр} \cdot \frac{1}{1,2595} \cdot l_{кр} \cdot \\ &\cdot \frac{0,8782}{1,2595} \cdot l_{кр} = \frac{0,8782}{1,2595^2} l_{кр}^3 \approx 0,5536 \cdot l_{кр}^3. \end{aligned} \quad (10)$$

Відношення об'єму кристала цукру у вигляді паралелепіпеда  $V_{кр, парал}$  до об'єму кристала цукру у вигляді кулі  $V_{кр, куля}$  буде дорівнювати:

$$\frac{V_{кр, парал}}{V_{кр, куля}} = \frac{\frac{0,8782}{1,2595^2} l_{кр}^3}{\frac{1}{6} \pi l_{кр}^3} = \frac{6 \cdot 0,8782}{\pi \cdot 1,2595^2} \approx 1,0573. \quad (11)$$

На основі отриманого співвідношення (11), за однакових характерних розмірів кристалу цукру у формі паралелепіпеда та формі кулі, отримуємо такий результат: об'єм кристала цукру у вигляді паралелепіпеда більший за об'єм кристала цукру у вигляді кулі приблизно на 5,73 %. Зважаючи на це, геометричні моделі форми кристалів цукру у вигляді кулі та паралелепіпеда можна вважати практично еквівалентними, хоча при створенні об'ємної моделі кристала потрібно віддати належне формі кристала цукру саме у вигляді паралелепіпеда, оскільки ця форма максимально наближена до реальних пропорцій розмірів кристалів цукру.

Площа поверхні кристалу цукру у вигляді кулі з діаметром  $d_{кр} = l_{кр}$  за відомими формулами розрахунку площі поверхні сфери (зауважимо, що поверхня кулі ще має назву «поверхня сфери») та виразу (7) дорівнює:

$$S_{кр, сфера} = 4\pi r_{кр}^2 = 4\pi \left(\frac{l_{кр}}{2}\right)^2 = \pi l_{кр}^2 \approx 3,1416 \cdot l_{кр}^2. \quad (12)$$

Площа поверхні кристалу цукру у вигляді паралелепіпеда з більшою стороною  $a_{кр} = l_{кр}$ , і всіма іншими сторонами, що визначаються за формулами (1), та на основі отриманого виразу (3) без врахування індексу 1 (або ж за формулами (2) та (4) без врахування індексу 2) дорівнює:

$$\begin{aligned} S_{кр, парал} &= 2(a_{кр} \cdot b_{кр} + b_{кр} \cdot c_{кр} + c_{кр} \cdot a_{кр}) = \\ &= 2\left(l_{кр} \cdot \frac{1}{1,2595} \cdot l_{кр} + \frac{1}{1,2595} \cdot l_{кр} \cdot \frac{0,8782}{1,2595} \cdot l_{кр} + \frac{0,8782}{1,2595} \cdot l_{кр} \cdot l_{кр}\right) = \\ &= \frac{6,4875858}{1,2595^2} \cdot l_{кр}^2 \approx 4,0897 \cdot l_{кр}^2. \end{aligned} \quad (13)$$

Обчислимо відношення площі поверхні кристала цукру у формі паралелепіпеда  $S_{кр, парал}$  до площі поверхні кристала цукру у формі кулі  $S_{кр, сфера}$ . У результаті отримаємо:

$$\frac{S_{кр, парал}}{S_{кр, сфера}} = \frac{\frac{6,4875858}{1,2595^2} \cdot l_{кр}^2}{\pi \cdot l_{кр}^2} \approx 1,3018. \quad (14)$$

На основі отриманого співвідношення (14), за однакових характерних розмірів кристала цукру у формі паралелепіпеда й формі кулі, отримуємо такий результат: площа поверхні кристала цукру у вигляді паралелепіпеда більша за площу поверхні кристала цукру у вигляді кулі приблизно на 30,18 %. Отримана величина співвідношення площі поверхні кристалу цукру у формі паралелепіпеда до площі поверхні кристала у формі цукру на перший погляд повинна вагомо вплинути на вибір форми кристала цукру, адже від цього залежатиме розподіл міжкристального розчину між комірками більшого та меншого кристалами цукру. Зупинимось на цьому питанні більш детально.

При моделюванні згаданої вище системи комірок наступним етапом буде моделювання міжкристального розчину сахарози. Оскільки в згаданій вище системі розглядається більший і менший кристали цукру, то потрібно визначити кількість міжкристального розчину сахарози, що розподіляється між цими комірками цукру. Як відомо, в комірчастій моделі дисперсної системи, якою є цукровий утфель, міжкристальний розчин сахарози розподіляється пропорційно площі поверхні кристала [3]. З урахуванням цього з'ясуємо, чи зміниться і на яку величину кількість розподіленого міжкристального розчину між комірками більшого та меншого кристалів цукру. Зауважимо, що кристали цукру розглядатимемо формі кулі та паралелепіпеда. При цьому вважаємо, що розмір більшого кристала відрізняється від розміру меншого кристала на однакову величину, тобто в  $k_{прон}$  ( $k_{прон} > 1$ ) разів як для випадку кулі, так і для випадку паралелепіпеда.

Отже, введемо два коефіцієнти пропорційності розподілу кількості міжкристального розчину для кулі (сфери):  $k_{S_{кр\ 1, сфера}}$  — для більшого кристала та  $k_{S_{кр\ 2, сфера}}$  — для меншого кристала. Вважатимемо що розміри більшого та меншого кристалів цукру, на основі введеного коефіцієнта пропорційності  $k_{проп}$ , ( $k_{проп} > 1$ ), пов'язані таким співвідношенням:

$$r_{кр\ 1} = k_{проп} \cdot r_{кр\ 2}, \quad (k_{проп} > 1) \quad (15)$$

Визначимо площу поверхні кристала цукру у формі кулі (сфери) на основі формули (12). Запишемо її значення для меншого кристала цукру:

$$S_{кр\ 2, сфера} = 4\pi r_{кр\ 2}^2, \quad (16)$$

а також для більшого кристала цукру:

$$S_{кр\ 1, сфера} = 4\pi r_{кр\ 1}^2 = 4\pi (k_{проп} \cdot r_{кр\ 2})^2 = 4\pi r_{кр\ 2}^2 \cdot k_{проп}^2 \quad (17)$$

На основі отриманих виразів (16)—(17) знайдемо величину коефіцієнта пропорційності розподілу кількості міжкристального розчину для більшого кристала цукру у формі кулі (сфери):

$$\begin{aligned} k_{S_{кр\ 1, сфера}} &= \frac{S_{кр\ 1, сфера}}{S_{кр\ 1, сфера} + S_{кр\ 2, сфера}} = \frac{4\pi r_{кр\ 1}^2}{4\pi r_{кр\ 1}^2 + 4\pi r_{кр\ 2}^2} = \\ &= \frac{4\pi r_{кр\ 2}^2 \cdot k_{проп}^2}{4\pi r_{кр\ 2}^2 \cdot k_{проп}^2 + 4\pi r_{кр\ 2}^2} = \frac{k_{проп}^2}{1 + k_{проп}^2}, \end{aligned} \quad (18)$$

та для меншого кристала цукру у формі кулі (сфери):

$$\begin{aligned} k_{S_{кр\ 2, сфера}} &= \frac{S_{кр\ 2, сфера}}{S_{кр\ 1, сфера} + S_{кр\ 2, сфера}} = \frac{4\pi r_{кр\ 2}^2}{4\pi r_{кр\ 1}^2 + 4\pi r_{кр\ 2}^2} = \\ &= \frac{4\pi r_{кр\ 2}^2}{4\pi r_{кр\ 2}^2 \cdot k_{проп}^2 + 4\pi r_{кр\ 2}^2} = \frac{1}{1 + k_{проп}^2}. \end{aligned} \quad (19)$$

Аналогічно введемо два коефіцієнти пропорційності розподілу кількості міжкристального розчину для кристала у формі паралелепіпеда:  $k_{S_{кр\ 1, парал}}$  — для більшого кристала та  $k_{S_{кр\ 2, парал}}$  — для меншого кристала. Вважатимемо, що розміри більшого та меншого кристалів цукру, на основі введеного коефіцієнта пропорційності  $k_{проп}$ , ( $k_{проп} > 1$ ), пов'язані таким співвідношенням:

$$l_{кр\ 1} = k_{проп} \cdot l_{кр\ 2}, \quad (k_{проп} > 1) \quad (20)$$

Ще раз зауважимо, що введений коефіцієнт пропорційності  $k_{проп}$ , ( $k_{проп} > 1$ ) між більшим і меншим кристалами цукру у формі паралелепіпеда (15) та у формі сфери (20) рівні між собою.

На основі формули (13) визначимо площу поверхні кристалів цукру у формі паралелепіпеда для більшого та меншого кристалів. Запишемо її значення для меншого кристала цукру:

$$S_{\text{кр 2, парал}} = \frac{6,4875858}{1,2595^2} \cdot l_{\text{кр 2}}^2, \quad (21)$$

та для більшого кристала цукру:

$$\begin{aligned} S_{\text{кр 1, парал}} &= \frac{6,4875858}{1,2595^2} \cdot l_{\text{кр 1}}^2 = \frac{6,4875858}{1,2595^2} (k_{\text{проп}} \cdot l_{\text{кр 2}})^2 = \\ &= \frac{6,4875858}{1,2595^2} \cdot l_{\text{кр 2}}^2 \cdot k_{\text{проп}}^2. \end{aligned} \quad (22)$$

На основі виразів (21)—(22) знайдемо величину коефіцієнта пропорційності розподілу кількості міжкристального розчину для більшого кристала цукру у формі паралелепіпеда:

$$\begin{aligned} k_{S_{\text{кр 1, парал}}} &= \frac{S_{\text{кр 1, парал}}}{S_{\text{кр 1, парал}} + S_{\text{кр 2, парал}}} = \frac{\frac{6,4875858}{1,2595^2} \cdot l_{\text{кр 1}}^2}{\frac{6,4875858}{1,2595^2} \cdot l_{\text{кр 1}}^2 + \frac{6,4875858}{1,2595^2} \cdot l_{\text{кр 2}}^2} = \\ &= \frac{\frac{6,4875858}{1,2595^2} \cdot l_{\text{кр 2}}^2 \cdot k_{\text{проп}}^2}{\frac{6,4875858}{1,2595^2} \cdot l_{\text{кр 2}}^2 \cdot k_{\text{проп}}^2 + \frac{6,4875858}{1,2595^2} \cdot l_{\text{кр 2}}^2} = \frac{k_{\text{проп}}^2}{1 + k_{\text{проп}}^2}, \end{aligned} \quad (23)$$

та для меншого кристала цукру у формі паралелепіпеда:

$$\begin{aligned} k_{S_{\text{кр 2, парал}}} &= \frac{S_{\text{кр 2, парал}}}{S_{\text{кр 1, парал}} + S_{\text{кр 2, парал}}} = \frac{\frac{6,4875858}{1,2595^2} \cdot l_{\text{кр 2}}^2}{\frac{6,4875858}{1,2595^2} \cdot l_{\text{кр 1}}^2 + \frac{6,4875858}{1,2595^2} \cdot l_{\text{кр 2}}^2} = \\ &= \frac{\frac{6,4875858}{1,2595^2} \cdot l_{\text{кр 2}}^2}{\frac{6,4875858}{1,2595^2} \cdot l_{\text{кр 2}}^2 \cdot k_{\text{проп}}^2 + \frac{6,4875858}{1,2595^2} \cdot l_{\text{кр 2}}^2} = \frac{1}{1 + k_{\text{проп}}^2}. \end{aligned} \quad (24)$$

Таким чином, на основі отриманих виразів (18)—(19) — для випадку кристалів цукру у формі кулі (сфери), (23)—(24) — для випадку кристалів цукру у формі паралелепіпеда, за умови, що коефіцієнти пропорційності  $k_{\text{проп}}$ , ( $k_{\text{проп}} > 1$ ), однакових розмірів між більшим і меншим кристалами в зазначених випадках, робимо висновок, що кількість міжкристального розчину в обох випадках (куля і паралелепіпед) розподіляється однаковою чином.

Проведене дослідження показує, що в даному випадку вибір форми кристалів цукру не впливає на кількість міжкристального розчину, що буде роз-

поділений між більшою та меншою комірками системи, яка розглядається вище. Однак слід зауважити, що вибір форми кристалів цукру впливатиме на товщину міжкристального розчину, що оточує той чи інший кристали. Але ці дослідження вже стосуються моделювання міжкристального розчину.

На основі проведених розрахунків отримано формули (9)—(14), які знайдено для довільного розміру кристалів цукру, а також вирази (18)—(19) та (23)—(24), які знайдено для однакового коефіцієнта пропорційності  $k_{\text{проп}}$ , ( $k_{\text{проп}} > 1$ ), між більшим та меншим кристалами цукру, що дає всі підстави зупинити вибір об'ємної геометричної моделі кристалу цукру саме у формі паралелепіпеда. До того ж саме ця форма максимально наближена до природної форми кристалу цукру.

Для створення комірчастої моделі кристал цукру меншої комірки-розчин сахарози меншої комірки-парова бульбашка-розчин сахарози більшої комірки-кристал цукру більшої комірки вибираємо форму кристалів цукру у вигляді паралелепіпеда, з пропорцією сторін, що визначаються за формулами (1)—(2).

Отримані величини співвідношень (11) і (14) підтверджують, що площа поверхні кристалу цукру у вигляді паралелепіпеда більша від площі поверхні кристала цукру у вигляді кулі приблизно на 30,18 %, тоді як об'єм такого кристала більший лише на 5,73 %. Що цілком зрозуміло, адже куля (сфера) — єдиний у природі геометричний об'єкт, що займає мінімальну площу зовнішньої поверхні при максимальному внутрішньому об'ємі.

### **Висновки**

У результаті проведеного дослідження визначено, як відрізняються (співвідносяться) величини площ та об'ємів між кристалами цукру у формі кулі (сфери) й паралелепіпеда з однаковими розмірами. Для випадку кристала у формі паралелепіпеда величина становить, відповідно, 130,2% та 105,7% порівняно з кристалом у формі кулі (сфери).

Також досліджено розподіл міжкристального розчину (що розподіляється пропорційно площі поверхні кристалу) між більшим і меншим кристалами, за умови, що форма кристалів має вигляд кулі (сфери) та паралелепіпеда. За умови, що розміри більшого та меншого кристалів мають однаковий коефіцієнт пропорційності  $k_{\text{проп}}$ , ( $k_{\text{проп}} > 1$ ), встановлено, що величини розподіленого міжкристального розчину в обох випадках (куля (сфера) та паралелепіпед) рівні між собою.

Створено об'ємну геометричну модель кристалів цукру більшої та меншої комірки, кожен з яких представлено у формі паралелепіпеда, з пропорцією сторін, що визначаються за формулами (1)—(2).

На основі створеної тривимірної геометричної моделі кристалів цукру в комірчастій моделі системи: кристал цукру меншої комірки-розчин сахарози меншої комірки-парова бульбашка-розчин сахарози більшої комірки-кристал цукру більшої комірки можливо та необхідно продовжити дослідження та моделювання тривимірної геометричної моделі міжкристального розчину сахарози й парової бульбашки.

**Література**

1. *Современные технологии и оборудование свеклосахарного производства*: В 2-х ч. / В.О. Штангеев, В. Т. Кобер, Л. Г. Белостоцкий и др.; Под. ред. В.О. Штангеева. — К.: «Цукор України», 2004. — Ч. 2. — 320 с.
2. *Тужилкин В.И.* Кристаллизация сахара: Монография. — М.: Издательский комплекс МГУПП, 2007. — 336 с.
3. *Кулинченко В.Р., Мирончук В. Г.* Промышленная кристаллизация сахаристых веществ: Монография. — К.: НУПТ, 2012. — 426 с.
4. *Погорелый Т.М. Мирончук В.Г.* Математическое моделирование процесса рекристаллизации на основании аналитических решений нестационарных задач теплопроводности в двухмерном случае для прямоугольных областей с неоднородными (непрерывными и разрывными на одной из сторон) граничными условиями и неоднородными начальными условиями // Тезисы докладов и сообщений XIV Минского международного форума по тепло- и массообмену, 10—13 сентября 2012 г. — Том 1, Часть 2. — Минск.: Институт тепло- и массообмена им. А.В. Лыкова НАН Беларуси, 2012. — С. 761—764.
5. *Погорілий Т. М.* Математичне моделювання процесу теплообміну між комірками сахарози на основі аналітичного розв'язку нестационарної задачі теплопровідності в двохвимірному випадку для прямокутної області з неоднорідними граничними умовами другого роду та неоднорідною початковою умовою // Наукові праці НУХТ. — К.: 2014. — Т. 20, № 2. — С. 136—145.
6. *Погорілий Т. М.* Математичне моделювання процесу теплообміну між комірками сахарози на основі аналітичного розв'язку нестационарної задачі теплопровідності з неоднорідними розривними на одній із бічних сторін та неперервними на всіх інших сторонах області граничними умовами другого роду та неоднорідною початковою умовою // Наукові праці НУХТ. — К.: 2014. — Т. 20, № 4. — С. 165—173.

**ОБЪЕМНАЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ  
КРИСТАЛЛОВ САХАРА В СИСТЕМЕ ЯЧЕЕК:  
КРИСТАЛЛЫ САХАРА-МЕЖКРИСТАЛЬНЫЕ  
РАСТВОРЫ САХАРОЗЫ-ПАРОВОЙ ПУЗЫРЕК**

**Т.М. Погорелый**

*Национальный университет пищевых технологий*

*В статье представлено продолжение создания математической модели нестационарного процесса теплообмена и диффузионного массообмена между ячейками сахарозы и паровым пузырьком в трехмерном (по координате) случае. Для математического моделирования рассмотренного процесса необходимо сначала разработать и построить геометрическую ячеистую модель одновременного контакта в объемном (трехмерном) случае для следующей системы: кристалл сахара меньшей ячейки-раствор сахарозы меньшей ячейки-*

ки-паровой пузырек-раствор сахарозы большей ячейки-кристалл сахара большей ячейки. С этой целью разработана и построена объемная геометрическая модель большего и меньшего кристаллов сахара. Проанализированы случаи кристаллов сахара в форме шара (сферы) и параллелепипеда. Найдена разница между величинами площади поверхности кристаллов, а также разница между величинами их объемов в зависимости от выбора формы модели кристаллов сахара. Рассмотрен вопрос распределения межкристального раствора сахарозы между большим и меньшим кристаллами сахара. Определена разница для количества величины распределенного межкристального раствора в зависимости от выбора формы кристаллов в виде шара (сферы) и параллелепипеда.

**Ключевые слова:** ячеистая модель, кристалл сахара, параллелепипед, шар, сфера.

## INFORMATION SYSTEM OF CONTINUOUS SUPPORT FOR EQUIPMENT OF FOOD AND CHEMICAL INDUSTRIES

A. Kopylenko, O. Gondlyach, A. Timonin, V. Onopriyenko, P. Nikitin

*National University of Food Technologies*

---

**Key words:**

*Equipment*

*Defect*

*Wave shift*

*Method of variable rigidity*

*Multi-layered system*

---

**Article history:**

Received 18.07.2014

Received in revised form  
12.08.2014

Accepted 18.08.2014

---

**Corresponding author:**

A. Kopylenko

**E-mail:**

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

---

---

**ABSTRACT**

A system of continuous information support for equipment of food and chemical industries has been developed on the basis of APROX system for strength calculation. An algorithm of modeling the process of multilayer spatial structures destruction due to seismic loads based on iterative-analytical theory has been proposed. The algorithm was tested by solving model and application tasks. The results of the analysis of natural frequencies and modes of a bimetallic distillation column are presented and the process of development of the main crack under seismic effects is reproduced. Project design recommendations for such devices are proposed on the basis of performed calculations.

## СИСТЕМА БЕЗПЕРЕРВНОЇ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ПІДТРИМКИ ОБЛАДНАННЯ ХАРЧОВОЇ І ХІМІЧНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

А.В. Копиленко, О.В. Гондлях, А.Н. Тимонін, В.Ю. Онопрієнко, Р.Е. Нікітін

*Національний університет харчових технологій*

*У статті на основі системи для розрахунків на міцність АПРОКС створено систему безперервної інформаційної підтримки обладнання харчової та хімічної промисловості. Завдяки використанню ітераційно-аналітичної теорії розроблено алгоритм моделювання процесу руйнування багатошарових просторових конструкцій від впливу сейсмічних навантажень. Алгоритм апробовано шляхом вирішення тестових і прикладних задач. Наведено результати аналізу власних частот і форм коливань біметалічної ректифікаційної колони й відтворено процес розвитку магістральної тріщини в умовах сейсмічних впливів. На основі виконаних розрахунків запропоновано проектно-конструкторські рекомендації щодо проектування таких апаратів.*

**Ключові слова:** *обладнання, дефект, хвильові зрушення, метод змінних жорсткостей, багатошарові системи.*

Сложные условия эксплуатации машин и аппаратов пищевой и химической промышленности и выход их из строя влечет за собой не только большие ма-

териальные потери, существенные затраты на восстановление и ремонт, но и может причинить значительный вред окружающей среде и здоровью людей. В настоящий момент существенно ужесточаются требования, предъявляемые к созданию нового и усовершенствованию существующего оборудования пищевой и химической промышленности для обеспечения необходимых условий реализации химико-технологических процессов. Основными причинами выхода из строя оборудования эксперты называют, прежде всего, возникновение и накопление в них дефектов, и лишь затем — отклонение от технологических норм эксплуатации и человеческий фактор. По статистике отказов аппаратов пищевой и химической промышленности, более 94 % отказов происходит по причине развития дефектов и трещин.

Одним из факторов, которые могут повлечь за собой возникновение и развития дефектов и трещин в оборудовании химического и пищевого производства, может быть сейсмическое воздействие.

С точки зрения сейсмогеологии, землетрясения представляют собой сильные колебания грунта, происходящие благодаря высвобождению большого количества энергии в течение короткого промежутка времени при дислокациях внутри земной коры или верхней части мантии. Амплитуды сейсмических колебаний на поверхности сначала имеют небольшую величину, затем внезапно увеличиваются. Второй период процесса колебаний продолжается в течение определенного промежутка времени, после которого колебания постепенно затухают. Этот характер колебаний связан с тем, что внутри земной коры образуются два вида волн — первичные продольные волны (волны растяжения—сжатия) и вторичные поперечные волны (волны сдвига). Когда происходит освобождение энергии в гипоцентре землетрясения, эти волны возникают одновременно. Однако скорость распространения продольных волн больше и они раньше достигают пункта регистрации на земной поверхности. Начальная фаза колебаний целиком определяется этими волнами. Последующее появление поперечных и поверхностных волн характеризует основную фазу колебаний. Разрушительные землетрясения не ограничиваются одним колебательным возмущением. Обычно проявляется ряд последующих толчков [1,2].

По этой причине актуальным является вопрос разработки новых методов, применяемых при расчете и конструировании машин и аппаратов пищевой и химической промышленности с учетом эволюционных процессов накопления и распространения в них дефектов и трещин. Это позволит повысить показатели надежности и долговечности оборудования. В связи с этим, на кафедре ХПСМ НТУУ «КПИ» на базе программного комплекса АПРОКС разработана и апробирована объектно-ориентированная система непрерывной информационной поддержки жизненного цикла оборудования для ректификации и проведены исследования напряженно-деформированного состояния (НДС), собственных форм и частот колебаний, а также процесса разрушения ректификационной колонны.

С учетом особенностей сейсмических нагрузок представленная система позволяет выполнять расчеты на прочность для корректного определения компонент напряженно-деформированного состояния ректификационных колонн химической и пищевой промышленности. На основании метода пе-

ременных жесткостей и метода дополнительных нагрузок реализован пошаговый алгоритм расчета данных конструкций для моделирования зарождения и развития магистральных трещин в этих ответственных сооружениях.

В качестве метода интегрирования уравнений движения используется метод конечных элементов [3]. Удачный выбор алгоритма и корректной конечно-элементной модели, как правило, приводит к получению столь же корректного решения при определении собственных форм колебаний однородных по толщине оболочечных конструкций.

Комплекс АПРОКС позволяет определять собственные формы колебаний исследуемых объектов методом конечных элементов с учетом основных положений итерационно-аналитической теории многослойных систем [4]. Все расчеты в работе выполнены, учитывая основные положения итерационно-аналитической теории, на основе которой специально разработан восьмиузловой, многослойный криволинейный конечный элемент (КЭ) с полилинейным законом восполнения функций перемещений [5].

Ректификационная колонна представляет собой аппарат цилиндрической формы с эллиптическими днищами двух диаметров: 3600 мм в нижней части и 2800 мм в верхней части. Общая высота колонны ректификации 40 м. Расчетная модель и чертеж колонны с габаритными размерами приведены на рис. 1. Корпус колонны выполнен из биметаллической стали 16ГС + стали 08Х13 (25 + 3 мм). Колонна эксплуатируется при внутреннем давлении 0,9 МПа и при температуре 420°C. Физические свойства материала колоны таковы: сталь 16ГС — модуль упругости  $E = 2 \cdot 10^5$  МПа, предел текучести  $\sigma_t = 300$  МПа; сталь 08Х13 —  $E = 2,17 \cdot 10^5$  МПа,  $\sigma_t = 280$  МПа, коэффициент Пуансона — 0,3 для обоих материалов [6].

С помощью объектно-ориентированной системы были определены динамические характеристики ректификационной колоны и её поведение вблизи низкочастотных источников колебаний. Проведены исследования по определению первых десяти форм частот собственных колебаний колоны (рис. 2).

Второй этап исследований заключается в моделировании аварийной ситуации, которая возникла вследствие сейсмического воздействия горизонтальной волны, продолжительностью действия 20 сек. Для определения внешних воздействий использована осциллограмма, приведенная на рис. 3.

Исследование распространения зон пластичности в материале слоев оболочки осуществлялось на основании теории пластического течения с трансляционным изотропным упрочнением. Численное интегрирование разрешающих уравнения движения конструкции во времени осуществляется либо с использованием метода Ньюмарка, либо метода центральных разностей.

В результате проведенных исследований установлена полная идентичность применения этих двух методов. Характерной особенностью адекватного описания изменения напряженно-деформированного состояния оболочки во времени, как показали результаты численных экспериментов, является необходимость учета (одновременно) двух нелинейных факторов (физической и геометрической нелинейности) для описания эволюционного процесса образования и распространения зон пластических деформаций во времени.

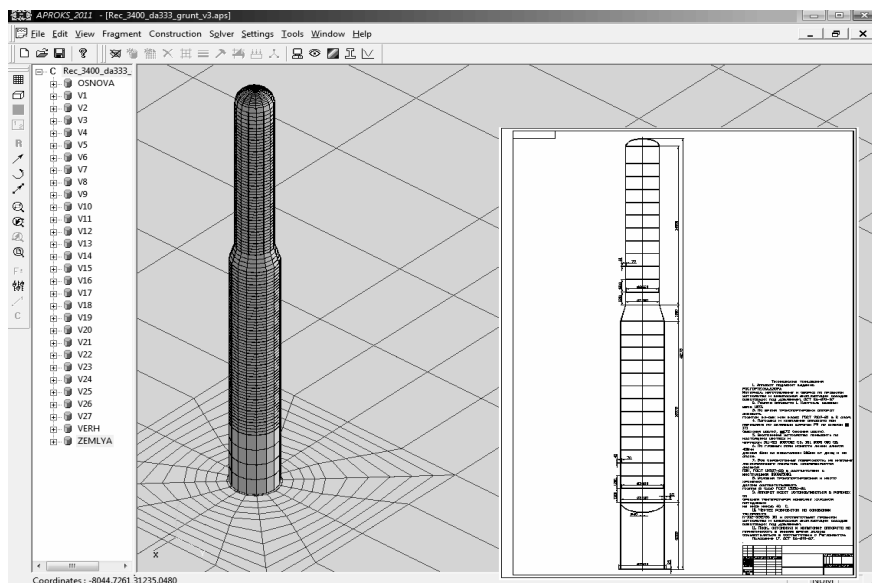


Рис. 1. Конечно-элементная модель колонны ректификации в системе АПРОКС

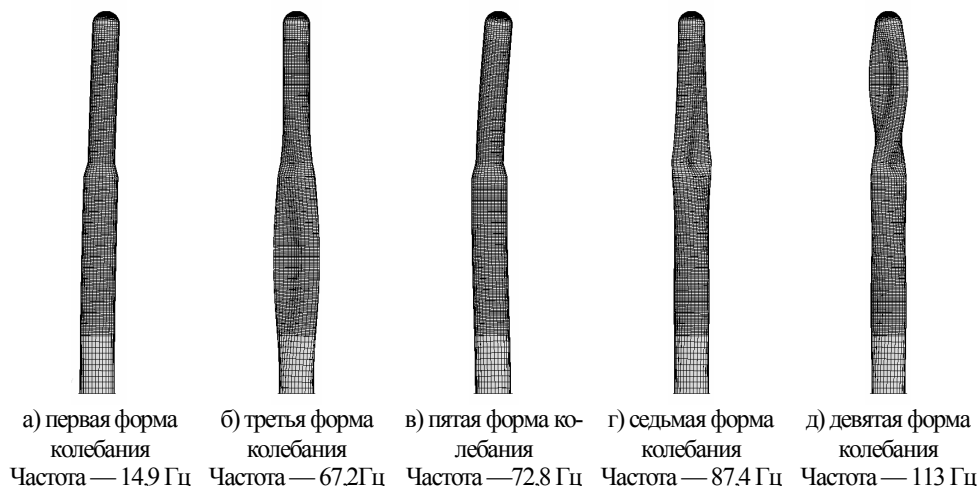


Рис. 2. Свободные формы и частоты колебаний ректификационной колонны

Анализируя полученные результаты, можно сделать вывод, что максимальные напряжения в исследуемой конструкции возникают в местах изменения геометрии колонны и в областях сварных швов.

Практика эксплуатации сварных биметаллических сосудов и аппаратов показала, что при нарушении технологии сварки в сварных швах возможно возникновение дефектов, которые могут вызвать разрушения конструкции. В [7] описан процесс разрушения корпуса колонны при проведении гидравлического испытания после ремонта отдельных участков сварных швов. Разрушение ректификационной колонны произошло при давлении 1,2 МПа, что значительно ниже, чем нормальное пробное давление испытания (2,8 МПа).

При этом образовалась трещина длиной ~ 6,6 м и шириной раскрытия до 120 мм [7].

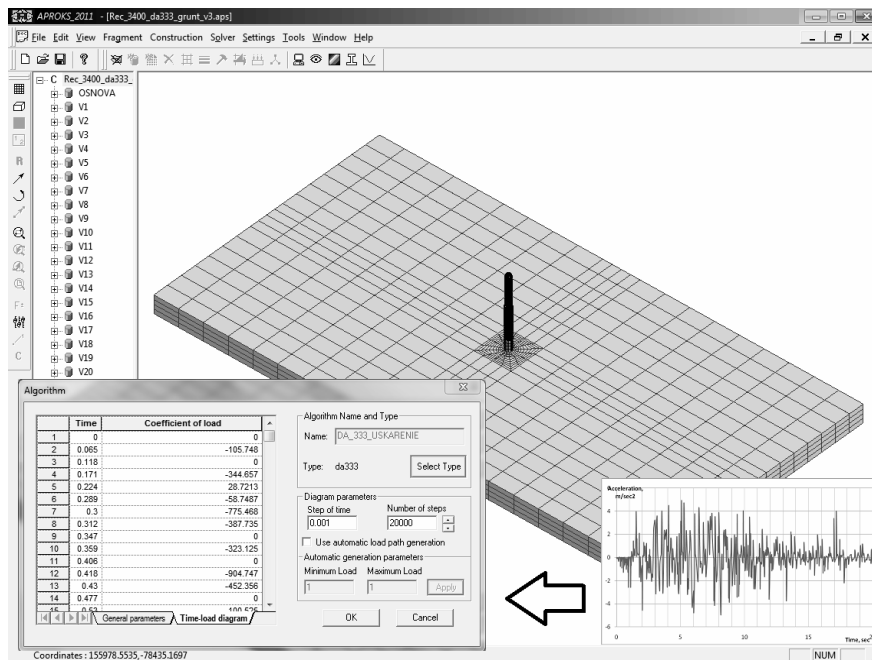


Рис. 3. Расчетная модель и алгоритм землетрясения

На базе системы непрерывной информационной поддержки ректификационной колонны выполнен ряд численных экспериментов для определения причин этой аварии [8]. Поскольку колонна изготовлена из пластических материалов, развитие трещины проходит не мгновенно, а в течение определенного времени. В данном случае моделирование процесса распространения трещины сводится к решению нелинейной задачи, предусматривающей одновременное решения двух проблем: 1) с какой скоростью будет распространяться трещина и 2) как будет варьироваться давление в колонне со временем.

Для определения расхода воздуха через трещину использовано соотношение, приведенное в [9]:

$$G = \frac{0,0404 \mu f p_1}{\sqrt{T_1}}, \text{ кг}$$

где  $\mu$  — коэффициент расхода;  $f$  — площадь отверстия,  $\text{м}^2$ ;  $p_1$  — давление в колонне, Па;  $T_1$  — температура воздуха, К.

Изменение давление газа в зависимости от времени представлено на рис. 5, где  $P_i$  — номинальное эксплуатационное давление (Па),  $P$  — действительное давление (Па),  $\tau$  — время (с).

Эволюционные картины изменения напряженно-деформированного состояния ректификационной колонны во времени приведены на рис. 4.

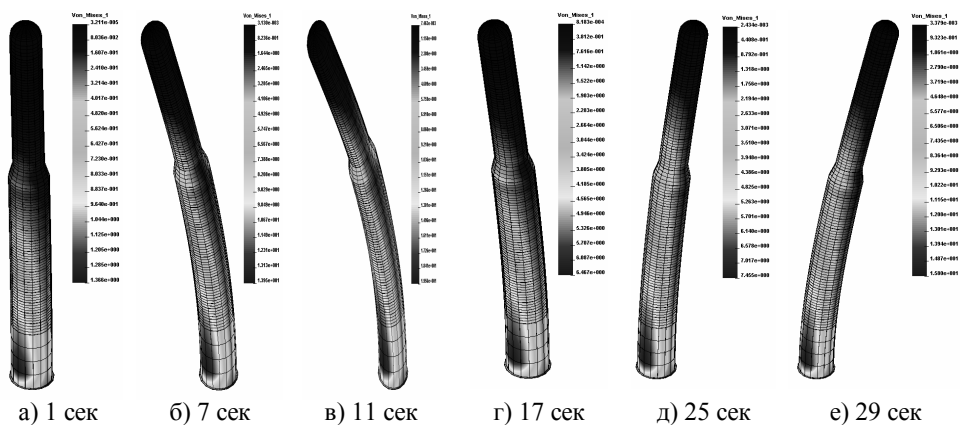


Рис. 4. Эволюция изменения напряженно-деформированного состояния ректификационной колонны во времени

Величина вектора перемещения, который характеризует величину раскрытия трещины, по окончании процесса ее развития в 5 раз превышает толщину стенки ректификационной колонны. В связи с наличием остаточных деформаций, численное моделирование данного процесса необходимо проводить в физически и геометрически нелинейной постановке, поэтому при использовании системы для расчета на прочность АПРОКС применялся алгоритм, который состоит из трех основных блоков:

1) блок пошагового изменения условий нагружения во времени (с момента образования начальной трещины до момента равенства внутреннего давления атмосферному);

2) блок метода переменных жесткостей (для моделирования распространения во времени зон пластических деформаций материала слоев колонны);

3) блок дополнительных нагрузок (для моделирования геометрически нелинейного деформирования конструкции).

В результате численного моделирования было установлено, что при заданных начальных условиях давления и величине раскрытия трещины 120 мм, при общей длине разрушения 6,6 м, которые были зафиксированные после аварии колонны, средняя скорость распространения трещины равна 0,6 м / с.

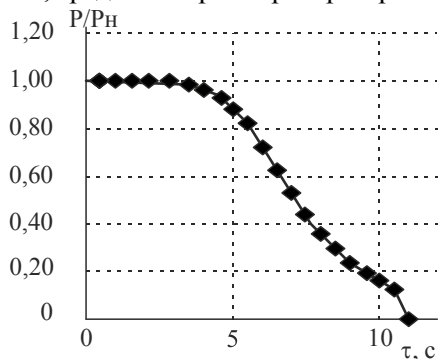
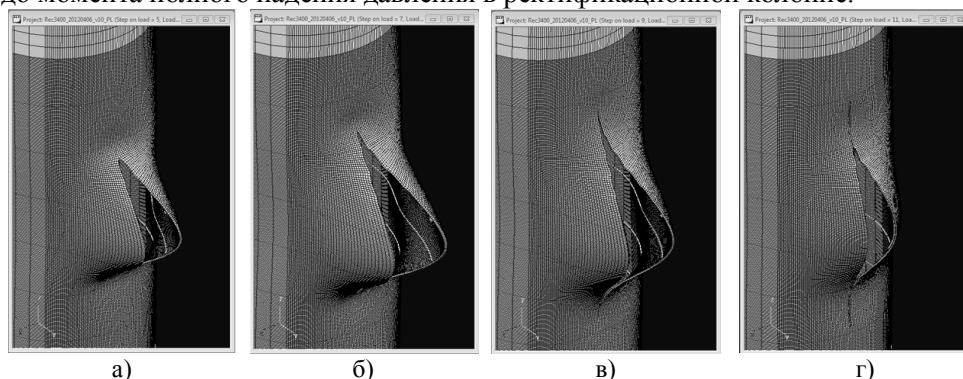


Рис. 5. Изменение давления газа в зависимости от времени

Численное моделирование этого процесса позволило определить не только количественные параметры разрушения, такие как скорость распространения трещины, но и выяснить основные этапы ее эволюционного развития.

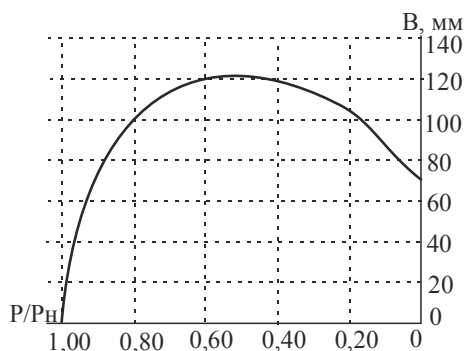
Так, при большем давлении увеличивается параметр ширины раскрытия трещины, который изменяется в соответствии с экспоненциальным законом (рис. 6, а). В дальнейшем за счет падения внут-

ренного давления происходит замедление параметров роста ширины раскрытия трещины, и после достижения максимального раскрытия (рис. 6, б), начинается процесс закрытия берегов трещины с соответствующим увеличением ее общей длины (рис.6, в). Конечный этап нелинейного процесса разрушения характеризуется полной остановкой движения устья трещины и постепенным уменьшением величины параметра ее раскрытия (рис.6, г). Этот процесс продолжается до момента полного падения давления в ректификационной колонне.

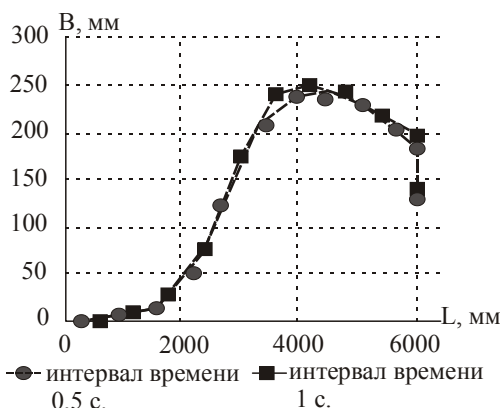


**Рис. 6. Процесс распространения трещины в ректификационной колонне:** а) бурный рост; б) максимальное раскрытие; в) расхождение берегов; г) деформированное состояние ректификационной колонны при нулевом давлении

В результате выполненных расчетов получен график зависимости величины раскрытия трещины от давления, который приведен на (рис. 7). Для подтверждения достоверности результата численного моделирования процесса разрушения уменьшен шаг движения трещины во времени. Анализ (рис.8) свидетельствует о действительной сходимости результатов (кривая с кружком отвечает приросту интервала по времени 0,5 с. Кривая с квадратиком отвечает приросту интервала по времени 1 с.).



**Рис. 7. Зависимость величины раскрытия трещины от внутреннего давления**



**Рис. 8. Изменение величины раскрытия трещины в зависимости от ее длины**

## Выводы

Проведенные исследования показали, что при численном воспроизведении процесса разрушения биметаллической ректификационной колонны результаты отличаются не более, чем на 10% по величине остаточного раскрытия трещины. Это свидетельствует о том, что основные факторы разработанной математической модели по распространении трещин в ректификационной колонне учтены верно, а система информационной поддержки оборудования химического комплекса может быть рекомендована к практическому внедрению в производство.

## Литература

1. *Саваренский Е.Ф., Кирнос Д.П.* Элементы сейсмологии и сейсмометрии. — М.: Гос. изд-во техн.- теорет. литературы, 1995.
2. *Пучков С.В.* Закономерности колебаний грунта при землетрясении. — М.: Изд-во Наука, 1974. — 120 с.
3. *Метод конечных элементов в механике твердых тел / Под общ. ред. Сахарова А.С. и Альтенбаха И.* — К.: Вища школа. 1982. — 480 с.
4. *Сахаров А.С. и др.* Метод конечных элементов в механике твердых тел. — К.: Вища школа, 1982. — 480 с.
5. *Гондлях А.В.* Уточненный многослойный конечный элемент пользователя для моделирования в среде ABAQUS нелинейных процессов деформирования и разрушения композитных пространственных систем. Инженерные системы: Труды международного форума. Инжиниринговая компания «ТЕСИС». — М.: МАКС Пресс, 2012. — 224 с.
6. *Мухин В.Н., Ватник Л.Е.* Исследование причин хрупких разрушений биметаллических аппаратов // НТПС «Эксплуатация оборудования». — 1983. — № 1. — С. 3—7.
7. *Мухин В.Н., Самохин Ю.Н., Гришин А.В.* Особенности экспертизы промышленной безопасности биметаллических сосудов и аппаратов // Химическая техника. — 2010. — № 5. — С. 20—24.
8. *Гондлях О.В., Никитин Р.Е.* Чисельне відтворення процесу руйнування біметаєвої ректифікаційної колони. Збірник доповідей науково-практичної конференції студентів, аспірантів та науковців «Ресурсоенергоєфективні процеси, технології та обладнання хімічних виробництв і підприємств будівельних матеріалів». — К.: Січкара, 2012. — 120 с.
9. *Герц В.* Пневматические устройства и системы в машиностроении. Справочник. — М.: Машиностроение, 1981. — 408 с.

## СИСТЕМА НЕПРЕРЫВНОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ ПОДДЕРЖКИ ОБОРУДОВАНИЯ ПИЩЕВОЙ И ХИМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

**А.В. Копыленко, О.В. Гондлях, А.Н. Тимонин, В.Ю. Оноприенко, Р.Е. Никитин**  
*Национальный университет пищевых технологий*

*В статье на основании системы для расчетов на прочность АПРОКС создана система непрерывной информационной поддержки оборудования пищевой и хи-*

мической промышленности. С использованием итерационно-аналитической теории разработан алгоритм моделирования процесса разрушения многослойных пространственных конструкций от воздействия сейсмических нагрузок. Алгоритм апробирован путем решения тестовых и прикладных задач. Приведены результаты анализа собственных частот и форм колебаний биметаллической ректификационной колонны и воспроизведен процесс развития магистральной трещины в условиях сейсмических воздействий. На основе выполненных расчетов предложены проектно-конструкторские рекомендации по проектированию подобного рода аппаратов.

**Ключевые слова:** оборудование, дефект, волновой сдвиг, метод переменных жесткостей, многослойные системы.

## CURRENT STATE OF RESEARCH IN MILK SPRAY-DRYING AND THE USE OF UNCONVENTIONAL MATERIALS

K. Belinska, V. Shutyuk, N. Falendysh  
*National University of Food Technologies*

| Key words:                                                                                                   | ABSTRACT                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Heat transfer</i><br><i>Mass transfer</i><br><i>Drying</i><br><i>Drop</i><br><i>Milk</i>                  | The basic mathematical models of kinetics of one drop drying, the aspects of dry product microstructure forming in laboratory and industrial conditions, the phenomenon of separation of the solid (solute) and their relationship with functional properties are analyzed. The material used for study was milk of domestic animals, such as goats, sheep and mares. Experiments were carried out using the semi-industrial spray dryer for dried milk "Niro-Atomizer"; the removal of vapor adsorption isotherms was made by gravimetric method on vacuum apparatus "Mak Ben" with a quartz spring balance. The results of the studies indicate differences in various types of milk. This is evidenced by isotherms characterizing the products ability to absorb and release moisture as the main components of the product (proteins, fats, carbohydrates) are distinguished by the ability to absorb and release moisture. These results have practical value, allowing anticipating changes in the product characteristics during storage. |
| <b>Article history:</b><br>Received 12.07.2014<br>Received in revised form 20.07.2014<br>Accepted 29.07.2014 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| <b>Corresponding author:</b><br>K. Belinska<br><b>E-mail:</b><br>nnuht@ukr.net                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |

## СУЧАСНИЙ СТАН НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ У СУШІННІ МОЛОКА РОЗПИЛОМ І ВИКОРИСТАННЯ НЕТРАДИЦІЙНОЇ СИРОВИНИ

К.О. Белінська, В.В. Шутюк, Н.О. Фалендиш  
*Національний університет харчових технологій*

*У статті проаналізовано основні математичні моделі кінетики сушіння однієї краплі, аспекти утворення мікроструктури сухого продукту в лабораторних і промислових умовах, явище розширювання твердого тіла (розчиненої речовини) та їх зв'язок з функціональними властивостями. Як матеріал для дослідження використовувалося молоко домашніх тварин — кіз, кобил та овець. Досліди із сушіння молока виконувалися на напівпромисловій розпилювальній сушиарці «Ніро-Атомайзер», зняття ізотерм адсорбції парів відбувалося ваговим методом на вакуумній установці з пружинними кварцовими вагами Мак-Бена. Результати виконаних досліджень вказують на відмінності у складі різних видів молока. Про це свідчать ізотерми, що характеризують здатність продукту поглинати і віддавати вологу, оскільки основні складові продукту (білки, жири, вугле-*

води) різняться здатністю поглинання й віддачі вологи. Отримані результати мають практичне значення, надаючи можливість передбачити зміни характеристик продукту в процесі зберігання.

**Ключові слова:** теплопередача, перенесення маси, сушіння, крапля, молоко.

Розпилювальне сушіння — один з основних процесів видалення води й отримання порошків у харчовій і переробній промисловості. Нині потужність розпилювальних сушарок досягає 20 т готового продукту на 1 годину. При цьому параметри оброблення продукту й устаткування технологічних процесів, їх вплив на зміну властивостей і якості продукту складні й численні. Взаємозв'язки між експлуатаційними параметрами і характеристиками продукції узагальнені С. King [1]. Зі схеми видно, що їх взаємодія може бути дуже складною і в процесі сушіння крапель (частин) значно впливає на кінцеву якість продукції. Кінетика сушіння однієї краплі стала предметом багатьох досліджень за останні 30 років. Математична модель кінетики сушіння — основа всього розрахунку гідродинаміки сушарки.

Більшість досліджень досі зосереджені на тепло- та масообмінних процесах і кореляції масоперенесення для встановлення граничних умов у моделюванні сушіння за набагато меншої інтенсивності тепло- і масообміну, ніж у промислових розпилювальних сушарках, на створенні механізмів і коефіцієнтів внутрішнього вологоперенесення, а також на процесі формування й руйнування кірочки. Виконано велику кількість експериментальних досліджень і на їх основі розроблено кілька математичних моделей. Останнім часом робота зосереджена на мікроструктурних аспектах формування частинок, а також на точних лабораторних методах для отримання рівнянь кінетики сушіння. Крім того, встановлено, що значне розшарування твердого тіла (розчину) може суттєво впливати на функціональні властивості багатокомпонентних крапель, наприклад, на відновлення сформованих частинок.

Як матеріал для дослідження використовувалося молоко домашніх тварин — кіз, кобил та овець. Молоко — складна дисперсна система, яка містить понад сотню органічних (білки, жири, вуглеводи, ферменти, вітаміни) і неорганічних (вода, мінеральні солі, гази) речовин. Хімічний склад молока різних видів і порід тварин дещо різняться. Молоко овече суттєво відрізняється від інших видів молока вмістом вологи. Масова частка вологи у козиному та кобилячому молоці перевищує цей показник у 1,5 раза. Овече молоко також характеризується найвищим вмістом жиру. В інших видах молока міститься майже вдвічі менше жиру. Високий вміст вуглеводів спостерігається у кобилячому молоці, що в 1,5—2 раза більше за вміст вуглеводів в овечому та козиному молоці.

Зняття ізотерм адсорбції парів відбувалося ваговим методом на вакуумній установці з пружинними кварцовими вагами Мак-Бена. Суть його полягає в тому, що тиск адсорбованого газу або пари вимірюється в заготовленій місткості певного об'єму, яку потім з'єднують з ампулою, що містить адсорбент, і після встановлення адсорбційної рівноваги вимірюють рівноважний

тиск. Ізотерми зображено графічно — як  $a = f(P / P_s)$ , де  $a$  — величина адсорбції, мм/г,  $P/P_s$  — відносний тиск парів адсорбтиву.

Досліди із сушіння молока виконувалися на напівпромисловій розпилювальній сушарці «Ніро-Атомайзер» з робочим об'ємом камери 0,9 м<sup>3</sup> і продуктивністю за випареною вологою до 10 кг/год. Сушарка дає змогу забезпечити температуру сушильного агента в діапазоні 120...250 °С на вході в сушарку та 80...100 °С — на виході з неї.

Для визначення показників якості та безпеки молочних продуктів використовують методики та методи згідно з ДСТУ 4273: 2003 «Молоко та вершки сухі. Загальні технічні умови».

Результати і обговорення.

Створені для примусової конвекції рівняння тепло- і масообміну в більшості випадків, як правило, набувають такого вигляду:

$$Nu = a_1 + b_1 \text{ Rem Pr}_n, \quad (1)$$

$$Sh = a_2 + b_2 \text{ Rem Snn}, \quad (2)$$

де  $Nu$  — число Нусельта;  $Re$  — число Рейнольдса;  $Pr$  — число Прандтля;  $Sh$  — число Шервурда;  $a$ ,  $b$ ,  $m$ ,  $n$  — відповідні коефіцієнти.

Існують різні форми цих коефіцієнтів і деякі з яких відображають вплив природної конвекції тощо. Як правило, коефіцієнти  $a_1$  і  $a_2$  для процесів випаровування дорівнюють 2, значення коефіцієнтів  $b_1$  і  $b_2$  — 0,6 згідно з працею W.Ranz і W.Marshall [4]. Ряд дослідників дали подібні або відмінні коефіцієнти залежно від експериментальних систем і використаних розчинів (наприклад, C.Downing [5] і T.Audu і G.Jefferys [6]). Проте рівняння W.Ranz і W.Marshall [4] найпопулярніше для використання в моделюванні розпилювальної сушарки.

Останні дослідження показали, що під час випаровування крапель води в лабораторних умовах, де рушійна сила в кілька разів вища, отримані співвідношення відрізняються від наведених W.Ranz і W.Marshall [4]. Наприклад, S.Lin і X.Chen [7] встановили, що за температури доквілля 40...160 оС, вологості навколишнього середовища від 0,001 кг/кг і швидкості 0,25...1,0 м/с сухого повітря співвідношення масоперенесення відрізняється від рівняння W.Ranz і W.Marshall. Адекватна відповідність рівняння тепло- і масообміну відіграє важливу роль у точному прогнозуванні не тільки втрати маси частинки з плином часу, а й температурно-часового процесу сушіння частинок.

Найбільш деталізовану математичну модель сушіння краплі знежиреного молока запропонували Y.Sano і R.Keey [8]. Ця модель найточніше відповідає експериментальним даним для зміни маси краплі під час тривалого процесу, але дає значні відхилення в температурно-часових профілях (зокрема в початковий період) [9]. Наведена модель включає в себе рівняння збереження маси і рівняння збереження енергії в поєднанні з граничними умовами.

Рівняння збереження маси:

$$\frac{\partial W}{\partial t} = -\frac{2D(W, T_k)}{W + W'} \left( \frac{\partial W}{\partial r} \right)^2 + \frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} \left\{ r^2 D(W, T_k) \frac{\partial W}{\partial r} \right\}, \quad (3)$$

де  $W$  — вологовміст продукту, кг/кг;  $t$  — температура, К;  $D$  — коефіцієнт дифузії, м<sup>2</sup>/с;  $T_k$  — температура краплі, К;  $r$  — радіальна координата, м.

Для знежиреного молока коефіцієнт дифузії ( $D$ ) залежно від початкового вологовмісту ( $W$ ) і температури краплі ( $T_k$ ) має вигляд:

$$D = f(W, T_k) = \exp \left\{ -\frac{39,912 + 323,39W}{1 + 15,84W} - \frac{\Delta r}{R} \left( \frac{1}{T_k} - \frac{1}{303} \right) \right\}, \quad (4)$$

де  $\Delta r$  — прихована теплота випаровування води, Дж/кг;  $R$  — радіус частин, м.

Наведена залежність досить складна і процедура отримання результатів експерименту трудомістка. Якщо число Біо  $< 0,1$  (для теплопередачі), температура рівномірна по всій краплі (частинці), то енергетичний баланс має такий вигляд:

$$\frac{dT_k}{dt} = \frac{4\pi R^2 K (T_{ca} - T_k) + L \rho_k (dX/dt)}{\rho_{сп} C_{сп} + \rho_v C_v}, \quad (5)$$

де  $K$  — коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м<sup>2</sup>·К);  $L$  — питомі витрати сушильного агента, м<sup>3</sup>/с,  $\rho$  — густина, кг/м<sup>3</sup>;  $X$  — вологість краплі, кг/кг;  $C$  — теплоємність, Дж/(кг·К);  $ca, k, sp, v$  — нижні індекси, якими позначено, відповідно, сушильний агент, краплю, сухий продукт, воду.

Граничні умови задаються як межі конвекції для тепло- і масообміну. Для перенесення маси треба припустити, що концентрація водяної пари над поверхнею розподілу перебуває в рівновазі з вмістом рідини на поверхні розподілу. Існує реальна відсутність рівноважних ізотерм крапель продукту (частин) за високої вологості і високих температур через труднощі створення точного приладу для їх вимірювання. М. Stevenson [9] використовував модель Y. Sano і R. Keeu включно з рівняннями W. Ranz і W. Marshall для тепло- і масообміну для моделювання процесу сушіння крапель знежиреного молока. Експериментальні дані показують, що зміна маси добре відповідає моделі, а зміна температури випаровування значно відрізняється від теоретичних розрахунків.

Інші моделі сушіння крапель рідких продуктів наводять S. Nesic і J. Vodnik [10], X. Chen зі співавторами [11]. T. Langrish і T. Kockel [12] передбачають спрощення базової моделі. S. Nesic і J. Vodnik [10] припустили, що кірочка формується за конкретного вологовмісту. Але експериментальна робота виконана в невеликому обсязі. X. Chen та інші [11] поєднали зменшення поверхні розподілу і кінетику пороцесу для моделювання сушіння краплі (див. рис. 3).

Дослідники T. Langrish і T. Kockel [12] довели відповідність характерної кривої сушіння ван Мея прогнозованим даним моделі X. Chen та ін. [11]. Проте досі немає праць зі «зворотності цих моделей», оскільки вони тільки припускають, що процес сушіння відбувається. Крім того, всі експериментальні дані отримані за ізотермічної та постійної вологості. Також не було перевірки цих моделей для зміни умов сушіння. У промислових сушарках розпилюється багато частинок і цілком імовірні великі зміни у навколишньому середовищі навколо крапель.

У цілому, експериментальні дослідження й експериментальні пристрої для сушіння однієї краплі можуть бути класифіковані на основі сушіння матеріалу, краплі, механізму підтримання в стаціонарних або перехідних умовах навколишнього середовища [2—4,6,8,11—14]. За матеріалом для сушіння дослідження можуть бути згруповані так: випаровування чистих рідин, сушіння крапель, що містять розчинні тверді речовини, і сушіння краплі з нерозчинними речовинами. У молочних продуктах існують як розчинні у воді компоненти, так і нерозчинні.

Механізм утримування краплі в ході експериментів можна класифікувати так: сопла, капіляр, безперервна елементарна скляна нитка, ультразвуковий підхід і процес вільного падіння.

У методі сопла, який використали T.Audu і G.Jefferys, основним недоліком є подібність діаметрів сопла і краплі, що призводить до значного порушення картини обтікання повітря навколо краплі. Теплопровідність через сопло близька до реальної через велику площу поверхні зіткнення сопла з краплею.

У методі скляних ниток занурення у краплю частини кінчика нитки скла додає лише близько 0,2 % об'єму на 2 краплі мкл. Можна вважати, що тепловий ефект в такій системі у краплі уздовж нитки не перевищує 1 % від загального теплового потоку до краплі. Недоліком цього методу є відсутність можливості вільного обертання і відносно великий розмір крапель (0,6...2 мм), але він використовується досі, хоча розмір частинок відрізняється від реального в промисловій розпилювальній сушарці (~100 мкм).

Капілярний метод має ті самі переваги, що й метод скляної нитки, але безперервне подавання нової рідини для підтримання розміру краплі порушує реальну зміну концентрації розчиненої речовини. Цей метод не підходить для розчинів, у яких утворюється тверда кірочка.

R.Тоєі і T.Furuta використали висхідний потік повітря з ультразвуковим полем для утримування краплі на місці (у повітрі) для спостереження. Це надає можливість уникнути втручання датчиків або підтримання, але значно ускладнює отримання зміни маси чи температури для розчиненої речовини краплі.

Варто зауважити, що вільне падіння - найкращий спосіб для вивчення випаровування крапель, оскільки точно імітує процес сушіння розпиленням. Установка складається з генератора краплі, сушильної колони у вертикальному положенні з гарячим потоком газу, спеціального калориметра, який може розміщуватися на будь-якій висоті, щоб упіймати краплю і виміряти її середню температуру й вміст вологи. Установка досить складна і використовується переважно для експериментів з чистим розчинником або тільки для дослідження морфології частинок без вимірювання втрат маси. Часто використовується високошвидкісна відеозйомка, якщо важливим для дослідження є розмір крапель або морфологія частинок.

Від складу продукту залежать параметри процесу сушіння. Початковий вміст сухих речовин і умови сушіння також значно впливають на процес сушіння. Один із прикладів для підтвердження відмінності у складі молока наведено в табл. 1. Навіть після зміни площі поверхні під час сушіння та інтенсивності сушіння область «постійної швидкості» зміни маси не показують. Продукти з високим вмістом жиру чи білка дають різні швидкості сушіння

порівняно з більш стандартними продуктами, такими як незбиране і знежирене молоко. Така тенденція може стосуватися також зміни температури сушіння.

Таблиця. Склад сухого молока домашніх тварин

| Показники       | Масова частка білка, % | Масова частка жиру, % | Масова частка лактози, % |
|-----------------|------------------------|-----------------------|--------------------------|
| Овече молоко    | 25,2                   | 32,0                  | 21                       |
| Козине молоко   | 29,6                   | 22,0                  | 40,0                     |
| Кобиляче молоко | 16,1                   | 12,0                  | 66,0                     |

Аналізуючи десорбційні криві (рис. 1), можна зробити висновок, що зі зменшенням тиску парів води зразки віддають вологу майже до кінця, оскільки гістерезис не входить у нульову позначку, а закінчується навіть після двогодинного вакуумування на лінії ординат. Це свідчить про те, що зразки видаляють тільки адсорбовану вологу, при цьому хімічно зв'язана волога не видаляється.

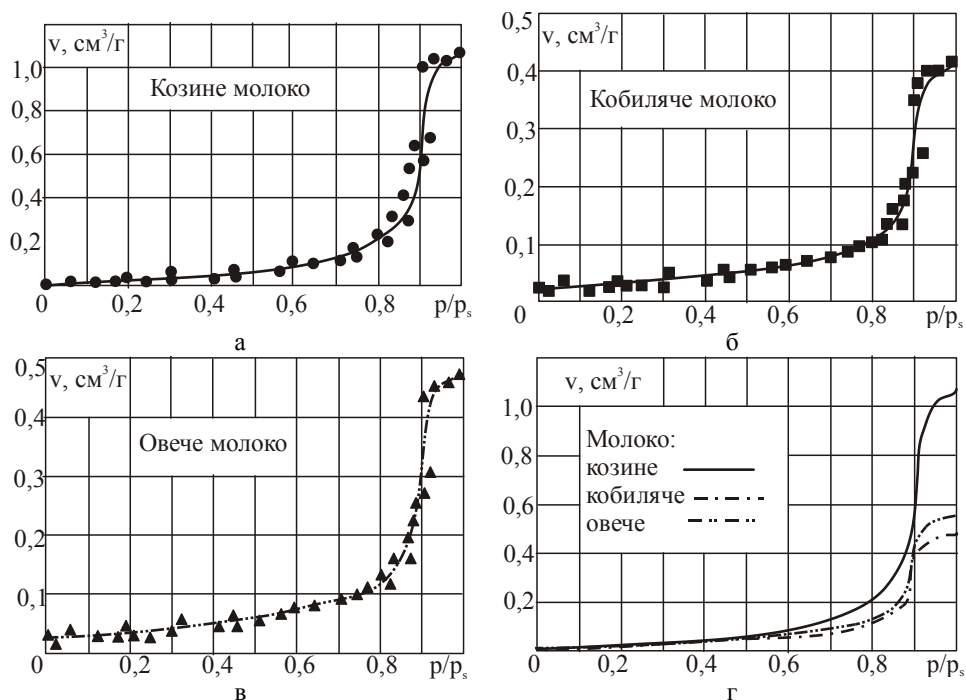


Рис. 1. Криві гістерезису видів молока залежно від тиску водяних парів

Треба зазначити, що зразки (крім зразка «Козине молоко») мають дуже близьку пористу структуру один щодо одного (рис. 2), проте зразок «Козине молоко» більше притягує до себе вологу, ніж інші зразки, і має більший об'єм пор:  $V_s = 0,98 \text{ см}^3/\text{г}$  (рис. 2, а). Найменше вологи поглинає зразок «Кобиляче молоко» (рис. 2, б), до того ж у нього найменша питома поверхня, тобто найгірші структурні характеристики, тому з усіх зразків він є найгіршим адсорбентом. Проте для зберігання кобиляче молоко є кращим продуктом,

оскільки воно пізніше за всі інші зразки розмокатиме у приміщенні з підвищеною вологістю.

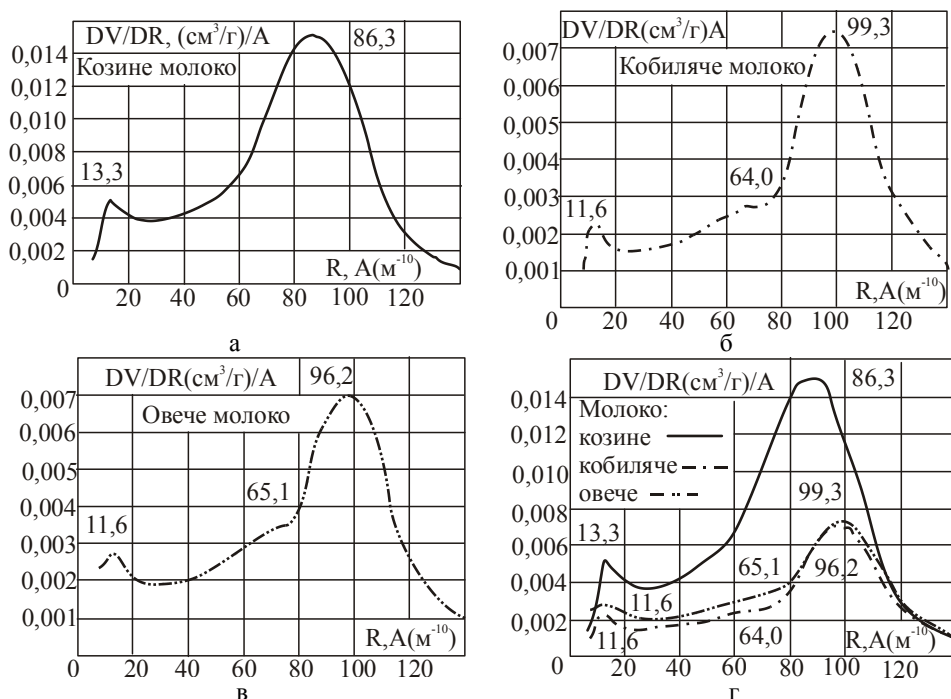


Рис. 2. Криві гістерезису видів молока залежно від тиску водяних парів

Зразок «Козине молоко» є найкращим адсорбентом серед трьох зразків, проте зберігатися він повинен найгірше, тому що краще й у більшій кількості притягує вологу. Проте зі зниженням вологості козине молоко віддає вологу, як і інші зразки. Діаметр пор у зразка «Козине молоко» такий же, як і в решти зразків, проте кількість цих пор набагато більша, оскільки крива розподілу пор за радіусами проходить по всій ширині набагато вище за інші, що й спостерігається у структурних характеристиках. Велика кількість пор дає змогу цьому зразку набирати вологу у більших кількостях, ніж інші зразки, тому за великої вологості зразок «Козине молоко» буде мати вищу вологість.

## Висновки

У короткому огляді наведено значну кількість праць, в яких розглянуто сушіння молока на розпилювальній сушарці і практичне значення виконаних досліджень для вивчення процесу моделювання, оптимізації і розроблення нових продуктів. Проте недостатньо інформації про усадку харчових крапель, вплив умов сушіння на їх хімічний склад. Крім того, дослідження «вільного польоту» краплі продукту в гарячому повітрі — також питання майбутніх досліджень, які будуть спрямовані на вивчення кінетики дезактивації біологічно активних компонентів (наприклад, інактивації ферментів) під час сушіння крапель продукту.

Результати виконаних досліджень вказують на відмінності у складі різних видів молока. Про це свідчать ізотерми, що характеризують здатність продукту поглинати і віддавати вологу, оскільки основні складові продукту (білки, жири, вуглеводи) різняться здатністю поглинання та віддачі вологи. Отримані результати мають практичне значення, тому що надають можливість передбачити зміни характеристик продукту в процесі зберігання. Оскільки отримане сухе молоко використовується для виробництва дитячих адаптованих сумішей, які, як відомо, мають тривалий термін зберігання, то збереження продуктом сталої вологості є досить важливим питанням. За результатами досліджень можна стверджувати, що кобиляче молоко є досить доброю сировиною, яка поглинає найменше вологи, а отже, здатна протягом тривалого часу зберігатися, не змінюючи своїх властивостей.

### **Література**

1. Дубинин М.М. Методы приведения изотерм адсорбции и удельная поверхность адсорбентов. — В кн: Адсорбция и пористость. — М.: Наука, 1976. — С. 105—111.
2. Киселев А.В., Древинг В.П. Экспериментальные методы в адсорбции и молекулярной хроматографии. — М.: Издательство МГУ, 1973. — 448 с.
3. King C.J. Food-quality factors in spray drying. In *Advances in Drying*; Mujumdar, A.S., Ed.; Hemisphere Publishing Co.: Washington. — 1984. — Vol. 3. — P. 71—120.
4. Ranz W.E., Marshall W.R. Evaporation from drops. *Chemical Engineering Process*. — 1952. — 48 (3). — P. 141—146.
5. Downing C.G. The evaporation of drops of pure liquids at elevated temperatures: rate of evaporation and wet-bulb temperatures. - *AIChE Journal*. — 1966. — 12 (4). — P. 760—766.
6. Audu T.O.K.; Jefferys G.V. The drying of drops of particulate slurries. - *Trans. IChemE*. — 1975. — 53. — P. 165—172.
7. Lin S.X.Q., Chen X.D. Improving the glass-filament method for accurate measurement of drying kinetics of liquid droplets. *Trans. IChem. E Part A*. — 2002. — 80. — P. 401—410.
8. Sano Y., Keey R.B. The drying of a spherical particle colloidal material into a hollow sphere. *Chemical Engineering Science*. — 1982. — 37 (6). — P. 881—889.
9. Stevenson M.J. Computational Modeling of Milk Droplet Drying. In ME thesis; Chemical and Materials Engineering Department The University of Auckland, 1998.
10. Nesic S., Vodnik J. Kinetics of droplet evaporation. *Chemical Engineering Science* — 1991. — 46 (2). — P. 527—537.
11. Chen X.D., Reid D., Chen N.X., Fletcher A., Pearce D. A new model for the drying of milk droplets for fast computation purposes. *Chemca'99*; On CD Rom: Newcastle, Australia, 1999.
12. Langrish T.A.G., Kockel T.K. The assessment of a characteristic drying curve for milk powder for use in computational fluid dynamics modeling. — *Chemical Engineering Journal*. — 2001. — 84. — P. 69—74.
13. Awonorin S.O. Evaporation rates of freely falling liquid nitrogen droplets in air. *Heat Transfer Engineering*. — 1989. — 10 (1). — P. 26—36.

14. Cheng H.W., Jefferys G.V., Mumford C.J. A receding interface model for the drying of slurry droplets. — *AIChE Journal*. — 1986. — 32 (8). — P. 1334—1346.

15. Toei R., Furuta T. Drying of a droplet in a non-supported state. *AIChE Symposium Series, Food Process Engineering*. — 1982. — 218 (78). — P. 111—117.

## **СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В СУШКЕ МОЛОКА РАСПЫЛЕНИЕМ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НЕТРАДИЦИОННОГО СЫРЬЯ**

**К.А. Белинская, В.В.Шутюк, Н.А. Фалендыш**

*Национальный университет пищевых технологий*

*В статье анализируются основные математические модели кинетики сушки одной капли, аспекты образования микроструктуры сухого продукта в лабораторных и промышленных условиях, явление расслоения твердого тела (растворенного вещества) и их связь с функциональными свойствами. В качестве материала для исследования использовалось молоко домашних животных — коз, кобыл и овец. Опыты по сушке молока выполнялись на полупромышленной распылительной сушилке «Ниро-Атомайзер», снятия изотерм адсорбции паров происходило весовым методом на вакуумной установке с пружинными кварцевыми весами Мак-Бена. Результаты выполненных исследований указывают на различия в составе различных видов молока. Об этом свидетельствуют изотермы, характеризующие способность продукта поглощать и отдавать влагу, поскольку основные составляющие продукта (белки, жиры, углеводы) отличаются способностью поглощения и отдачи влаги. Полученные результаты имеют практическое значение, давая возможность предвидеть изменения характеристик продукта в процессе хранения.*

**Ключевые слова:** *теплопередача, перенос массы, сушка, капля, молоко.*

## MATHEMATICAL MODELING OF DISSOLUTION PROCESS OF CARBON DIOXIDE IN LIQUID MOVING IN A CAPILLARY

A. Svitlyk, A. Prokhorov

National University of Food Technologies

| Key words:                                                                                                   | ABSTRACT                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Mass exchange</i><br><i>Saturation</i><br><i>Capillary</i><br><i>Hydrodynamics</i>                        | A mathematical model is developed for calculation of liquid saturation systems. The model allows to define concentration of carbon dioxide in liquid depending on sizes of carbon dioxide vials, distances between bubbles, masses of liquid between bubbles, concentration of carbon dioxide dissolved in liquid, concentration of carbon dioxide in gas, coefficient of turbulent diffusion, coefficient of resistance, density of liquid, coefficient of a superficial tension, form coefficient. Taking into account liquid and carbon dioxide consumption, the concentration of carbon dioxide dissolved in liquid is calculated. Results of this modeling can be used for calculation and design of the equipment for liquid saturation by gases, namely, for defining the rational modes of saturation. |
| <b>Article history:</b><br>Received 29.07.2014<br>Received in revised form 15.08.2014<br>Accepted 27.08.2014 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| <b>Corresponding author:</b><br>A. Svitlyk<br><b>Email:</b><br>npnuht@ukr.net                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |

## МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ РОЗЧИНЕННЯ ДІОКСИДУ ВУГЛЕЦЮ У РІДИНІ, ЩО РУХАЄТЬСЯ В КАПІЛЯРІ

А.М. Світлик, О.М. Прохоров

Національний університет харчових технологій

*У статті розроблено математичну модель для розрахунку систем сатурації рідини. Модель дозволяє визначити концентрацію діоксиду вуглецю в рідині залежно від розмірів бульбашки вуглекислого газу, відстані між бульбашками, маси рідини між бульбашками, концентрації розчиненого у рідині діоксиду вуглецю, концентрації діоксиду вуглецю в газі, коефіцієнта турбулентної дифузії, коефіцієнта опору, густини рідини, коефіцієнта поверхневого натягу, коефіцієнта форми. З вирахуванням витрат рідини та витрат діоксиду вуглецю розраховано концентрацію діоксиду вуглецю, що розчиняється у рідині. Результати моделювання можуть бути використані при розрахунку й проектуванні обладнання для насичення рідини газами, а саме: при визначенні раціональних режимів сатурації.*

**Ключові слова:** масообмін, сатурація, капіляр, гідродинаміка.

Експлуатування сатураційних систем харчових виробництв засвідчує, що собівартість процесу на 30—40% зменшується від ефективності ділянки на-

сичення, тому розробка нових систем аерації у потоці є досить актуальним завданням.

Для надійного розрахунку систем сатурації необхідно використовувати методи моделювання. Найбільш точними прогнозними властивостями, які дозволяють досягти коректних результатів у широкому діапазоні умов проведення процесу, володіють теоретичні моделі. Теоретична модель надає можливість отримати кількісну характеристику процесу на основі фізичних закономірностей.

Швидкість масопередачі діоксиду вуглецю, кг/с із газової фази описується рівнянням [1]:

$$\frac{\partial m}{\partial t} = K_L \cdot A(C_H - C), \quad (1)$$

де  $K_L$  — коефіцієнт масопередачі рідинної плівки, м/с;  $A$  — площа міжфазного контакту, м<sup>2</sup>;  $C_H$  — концентрація діоксиду вуглецю в газі, кг/м<sup>3</sup>;  $C$  — концентрація розчиненого у рідині діоксиду вуглецю.

Процес нестационарної молекулярної дифузії через тоненьку рідинну плівку, частина поверхні якої рухається разом із набігаючим на бульбашку потоком рідини, описується рівнянням Хігбі:

$$K_L = \sqrt{\frac{D_n \cdot V_0}{\pi d_0}}, \quad (2)$$

де  $D_n$  — коефіцієнт нестационарної дифузії діоксиду вуглецю в рідину, м<sup>2</sup>/с;  $V_0$  — швидкість руху бульбашки, м/с;  $d_0$  — діаметром бульбашки, м.

Турбулентний режим масопередачі, при якому створюються вихорі на поверхні бульбашки, контактують з нею протягом певного проміжку часу. За цих умов відбувається оновлення поверхні границі розділу фаз.

Згідно з теорією Данквертса,

$$K_L = \sqrt{D_T \cdot S}, \quad (3)$$

де  $D_T$  — коефіцієнт турбулентної дифузії, м<sup>2</sup>/с;  $S$  — фактор оновлення границі розділу фаз, с<sup>-1</sup>.

Процес оновлення поверхні розділу фаз під дією турбулентних вихрів пов'язаний з роботою, яка відбувається на границі розділу фаз.

Відомо, що робота, яка виконується при оновленні поверхні, пов'язана з поверхневим натягом, величиною нової поверхні, що створюється за одиницю часу  $S$ , с<sup>-1</sup>, за рахунок турбулентного обміну елементів рідини на одиницю поверхні, обрховується за рівнянням:

$$S = \frac{A}{\sigma} = \frac{\xi \rho V_0^3}{2 \cdot \sigma}, \quad (4)$$

де  $A = \xi \rho \frac{V_0^3}{2}$  — робота, яка виконується за одиницю часу на одиниці поверхні, Вт/м<sup>2</sup>;  $\sigma$  — коефіцієнт поверхневого натягу, Дж/м<sup>2</sup>.

Нами запропоновано поверхню оновлення фаз обраховувати з умови балансу роботи гідродинамічного опору та роботи з оновлення поверхні.

На рис. 1 зображено сили, що діють на бульбашку в капілярно-пористому сатураційному елементі.

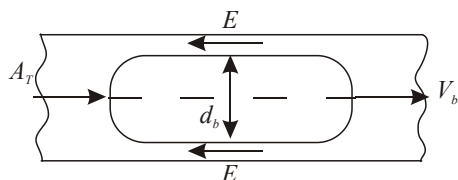


Рис.1 Капілярно-пористий сатураційний елемент

Елементарна робота гідродинамічного опору визначається за формулою:

$$dA_T = F_{rc} \cdot dL = f_{\phi} \cdot \xi \frac{\rho V_{\phi}^2}{2} \cdot dL, \quad (5)$$

де  $F_{rc} = f_{\phi} \cdot \xi \frac{\rho V_{\phi}^2}{2}$  — сила гідро-

динамічного опору, Н;  $dL$  — елементарна довжина капіляра, м;  $f_{\phi}$  — площа поперечного січення бульбашки з діоксидом вуглецю, м<sup>2</sup>.

Елементарна робота на оновлення елементарної поверхні визначається за формулою:

$$dE = \sigma l_{\phi} \cdot dS. \quad (6)$$

Баланс робіт визначається за такими формулами:

$$dA_T = dE;$$

$$f_{\phi} \cdot \xi \frac{\rho V_{\phi}^2}{2} \cdot dL = \sigma \cdot l_{\phi} \cdot dS;$$

$$dL = \vartheta_{\phi} \cdot d\tau.$$

У результаті отримуємо:

$$f_{\phi} \cdot \xi \frac{\rho V_{\phi}^2}{2} \cdot d\tau = \sigma \cdot l_{\phi} \cdot dS;$$

$$S = \frac{f_{\phi} \xi \rho V_{\phi}^3 \cdot \tau}{2\sigma \cdot l_{\phi}} = \frac{\xi \rho V_{\phi}^3 \cdot \tau}{2\sigma \cdot K_{\phi}}, \quad (7)$$

де  $K_{\phi} = \frac{f_{\phi}}{l_{\phi}}$  — коефіцієнт форми бульбашки, співвідношення перетину і довжини бульбашки.

З урахуванням рівності (7) рівняння (1) набуде такого вигляду:

$$\frac{\partial m}{\partial t} = A \sqrt{D_T \xi \frac{\rho V_{\phi}^3 \cdot \tau}{2\sigma \cdot K_{\phi}}} (C_n - C). \quad (8)$$

У результаті інтегрування рівняння (8) в інтегралі змінних  $\partial m$  (від 0 до  $\Delta m$ ) і  $\partial t$  (0 до  $t$ ) отримуємо:

$$\Delta m = A \sqrt{D_T \xi \frac{\rho V_{\phi}^3 \cdot t^3}{3\sigma \cdot K_{\phi}}} (C_n - C) =$$

$$= A \sqrt{D_T \frac{\xi \rho L^3}{3\sigma \cdot K_\phi}} (C_n - C). \quad (9)$$

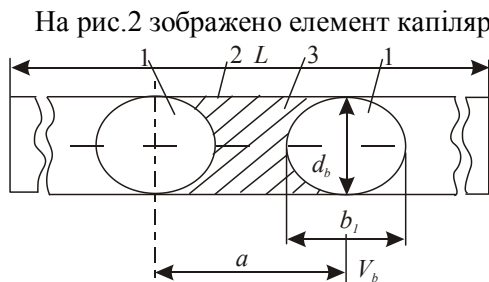


Рис.2 Елемент капілярно-пористого сатуратора: 1 — бульбашка; 2 — капіляр; 3 — рідинний слайд

З вираховуванням витрат рідини та витрат діоксиду вуглецю можна розрахувати концентрацію діоксиду вуглецю, що розчиняється у рідині:

$$C_1 = \frac{\Delta m}{M} =$$

$$= \frac{A \sqrt{D_T \frac{\xi \rho L^3}{3\sigma \cdot K_\phi}} (C_n - C) \cdot (a - 2b_1)}{L \cdot m_1} =$$

$$= \frac{(a - 2b_1) \cdot (C_n - C)}{m_1} A \sqrt{\frac{D_T \cdot \xi \rho L}{3\sigma \cdot K_\phi}}, \quad (10)$$

де  $m_1$  — маса рідини, що знаходиться між бульбашками;  $b_1$  — велика вісь бульбашки, м;  $d_6$  — діаметр бульбашки, м;  $a$  — відстань між бульбашками, м.

## Висновки

Розроблено математичну модель для розрахунку систем сатурації рідини. Модель дозволяє визначити концентрацію діоксиду вуглецю в рідині з урахуванням розмірів бульбашки вуглекислого газу, відстані між бульбашками, маси рідини між бульбашками, концентрації розчиненого у рідині діоксиду вуглецю, концентрації діоксиду вуглецю в газі, коефіцієнта турбулентної дифузії, коефіцієнта опору, густини рідини, коефіцієнта поверхневого натягу, коефіцієнта форми. З вирахуванням витрат рідини та витрат діоксиду вуглецю розраховано концентрацію діоксиду вуглецю, що розчиняється у рідині. Похибка обрахунку за формулою (10) та експериментальними даними не перевищує 5%, що допустимо для інженерних розрахунків.

## Література

1. Мешенгиссер Ю.М., Марченко Ю.Г. Моделирование процесса массопередачи при аэрации воды // Водоснабжение и санитарная техника. — 2000. — № 6.
2. Движение пузырька газа в жидкости с учётом искажение его сферической формы // Филология и культура. 2010. — № 21. — С. 38—44.
3. Накоряков В.Е., Тимкин Л.С., Горелик Р.С. Экспериментальное исследование трения тейлоровского пузыря в восходящем течении в вертикальной трубе // Теплофизика и аэромеханика. — 2011. — Т. 18, № 2. — С. 293—304.
4. Калиниченко В.А. Кинематические характеристики двухфазного потока в прямоугольном канале // Известия Российской академии наук. Механика жидкости и газа. — 2004. — № 4. — С. 112.

## **МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА РАСТВОРЕНИЯ ДИОКСИДА УГЛЕРОДА В ДВИЖУЩЕЙСЯ ЖИДКОСТИ В КАПИЛЛЯРЕ**

**А.М. Свитлык, А.Н. Прохоров**

*Национальный университет пищевых технологий*

*В статье разработана математическая модель для расчета систем сатурации жидкости. Модель позволяет определить концентрацию диоксида углерода в жидкости в зависимости от размеров пузырьков углекислого газа, расстояния между пузырьками, массы жидкости между пузырьками, концентрации растворенного в жидкости диоксида углерода, концентрации диоксида углерода в газе, коэффициента турбулентной диффузии, коэффициента сопротивления, плотности жидкости, коэффициента поверхностного натяжения, коэффициента формы. С учетом расходов жидкости и расходов диоксида углерода рассчитана концентрация диоксида углерода, которая растворяется в жидкости. Результаты моделирования могут быть использованы при расчете и проектировании оборудования для насыщения жидкости газами, а именно: при определении рациональных режимов сатурации.*

**Ключевые слова:** *массообмен, сатурация, капилляр, гидродинамика.*

## TECHNICAL DIAGNOSTICS OF TURBOGENERATOR THERMAL MONITORING MULTICHANNEL SYSTEM

O. Mazurenko, V. Samsonov

National University of Food Technologies

|                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|-------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Key words:</b>                   | <b>ABSTRACT</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| <i>Turbogenerator</i>               | The accuracy of determining the causes of deviations in a turbogenerator and decision concerning further conditions of its operation depend from the obtained results of diagnostic systems and information-measuring system. Therefore, all components require a separate diagnostics, which will identify and predict the hardware and "metrology" failures. However, in order to assess the validity of the data received from resistance thermometers located inside the turbine generator, the equipment should be stopped and dismantled. Therefore, a two-tiered system diagnostic algorithm is suggested that will identify performance failures of "fault" or "closing" type in the range of measurement and calibration changes in resistance thermometers characteristics, which was created in order to improve the accuracy and reliability of the diagnostics, prognosis of creation, and ways of development and consequences of defects without dismantling the equipment components. |
| <i>Resistance thermometers</i>      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| <i>Temperature</i>                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| <i>Diagnostics</i>                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| <i>Multi-channel control system</i> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| <i>Metrology</i>                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| <b>Article history:</b>             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Received 01.08.2014                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Received in revised form 12.08.2014 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Accepted 29.08.2014                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| <b>Corresponding author:</b>        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| O. Mazurenko                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| <b>E-mail:</b>                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| gravitation@list.ru                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |

## ТЕХНІЧНА ДІАГНОСТИКА БАГАТОКАНАЛЬНОЇ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ТЕПЛОВОГО СТАНУ ТУРБОГЕНЕРАТОРА

О.О. Мазуренко, В.В. Самсонов

Національний університет харчових технологій

*Від отриманих результатів систем діагностики та інформаційно-вимірального комплексу залежить достовірність визначених причин відхилень у роботі турбогенератора й прийняття рішень щодо подальших умов його експлуатації, тому всі складові потребують окремої діагностики, яка виявлятиме та прогнозуватиме апаратні й «метрологічні» відмови. Однак для оцінки достовірності отриманої інформації від термометрів опору, розташованих всередині турбогенератора, необхідна зупинка та демонтаж об'єкта. Через це для підвищення точності й надійності діагнозу та прогнозування утворення, шляхів і наслідків розвитку дефектів без демонтажу складових системи запропоновано дворівневий алгоритм діагностики, який дозволить виявляти відмови працездатності типу «замикання» або «обрив» у колі вимірювання та зміни у характеристиках градування термометрів опору.*

**Ключові слова:** турбогенератор, термометри опору, температура, діагностика, багатоканальна система контролю, метрологія.

Визначення причини відхилення від штатного проходження будь-якого з процесів, що відбуваються в технічному об'єкті, зокрема у турбогенераторі (ТГ), й прийняття рішення щодо умов подальшої роботи об'єкта залежать від достовірності результатів діагностики поточного технічного стану, а також даних про значення параметрів його роботи, які надає інформаційно-вимірювальний комплекс (ІВК). Разом з тим, протягом роботи комплексу всі його складові вимірювання (контролю) параметрів об'єкта також потребують діагностики. Методики діагностики ІВК в цілому та систем, що його утворюють, повинні надавати можливість виявляти й прогнозувати не тільки апаратні, а й «метрологічні» відмови — перевищення допустимого рівня похибок вимірювань.

ІВК, за допомогою яких здійснюється контроль параметрів та управління роботою ТГ, складається з кількох багатоканальних систем вимірювання окремих параметрів машини. Абсолютно більшу частину у таких комплексах складають системи та засоби вимірювання електричних величин. Це багатоканальні системи вимірювання кількості енергії і потужності, сили струму, напруги та інших електричних величин. До складу цих систем входять ватметри, амперметри, вольтметри, частотоміри, фазометри, а також різноманітні електротехнічні пристрої, які забезпечують використання названих вимірювальних приладів — вимірювальні трансформатори струму і напруги, різного виду шунти, синхроноскопи тощо.

Однією з основних систем, що забезпечують вимірювання неелектричних параметрів роботи ТГ, є багатоканальні системи контролю теплового стану основних вузлів генератора, у яких як первинні перетворювачі температури, як правило, використовують мідні термометри опору (ТОМ) [1].

*Технічна діагностика і метрологічні повірки вторинної вимірювальної апаратури*

Всі вторинні вимірювальні прилади й блоки ІВК, які забезпечують здійснення аналого-цифрового перетворення сигналів від первинних датчиків, первинну обробку інформації та її передачу в ЕОМ, а також прилади вимірювання електричних величин розташовані поза межами ТГ. Безпосередній доступ до них має обслуговуючий персонал. За таких умов планове чи позапланове технічне обслуговування, а також метрологічна повірка цих приладів і пристроїв не викликають особливих труднощів.

Планові роботи, як правило, виконуються після закінчення обумовленого терміну експлуатації приладу, наприклад, 1 раз на рік, або через 5000 годин його безперервної роботи. Заходи щодо обслуговування та методики повірки приладів наведені у технічній документації.

Під час позапланових робіт, які можуть бути викликані сумнівами щодо коректності роботи окремих первинних чи вторинних вимірювальних приладів або вузлів приладів, звичайно здійснюють їх заміну на нові.

Можлива також швидка бездемонтажна перевірка вторинної вимірювальної апаратури, до якої під час такої перевірки замість первинних

перетворювачів температури підключають спеціальні імітатори, які відтворюють еталонні значення сигналів первинних датчиків [2]. Такими імітаторами є набори зразкових резисторів. При цьому багатоканальна система вимірювання температури повинна надавати інформацію стосовно значень температури, які відповідають значенням опорів підключених до неї зразкових резисторів. Для реалізації такої перевірки програмне забезпечення багатоканальної системи вимірювального комплексу ТГ повинне мати спеціальну підпрограму, яка активізується на час виконання перевірки. Протягом дії цієї підпрограми забороняється проходження команд і сигналів, які свідчать про вихід значень температури основних вузлів ТГ за обумовлені межі. При цьому програма забезпечує:

- проведення зіставлення даних, що надходять від багатоканальної системи з номінальними значеннями опорів зразкових резисторів;
- формування висновку щодо працездатності вторинної апаратури системи, її ремонту або заміни на підставі аналізу результатів зіставлення вказаних вище даних.

*Технічна діагностика і метрологічні повірки первинних перетворювачів температури.*

Методики обслуговування й оцінки достовірності інформації, яку надають ТОМ, розташовані всередині ТГ, значно відрізняються від наведених вище методик обслуговування апаратури, що розташована зовні ТГ. Оскільки демонтаж або доступ обслуговуючого персоналу до таких ТОМ є можливим тільки у разі зупинення машини на час проведення планових ремонтних робіт, то їх технічне обслуговування й метрологічна повірка є складним завданням [3, 4].

Враховуючи це, пропонується застосовувати розроблений спосіб діагностики багатоканальної системи вимірювання температури основних вузлів ТГ, який включає у себе метрологічну повірку складових названої системи — ТОМ, що розташовані всередині ТГ.

Реалізація цього способу діагностики не передбачає зупинку машини та демонтаж термометрів опору для здійснення їх метрологічної повірки. Його впровадження у практику діагностування стану ТГ надає можливість підвищити точність і надійність діагнозу стосовно технічного стану ТГ, прогнозування утворення, шляхів і наслідків розвитку дефектів. Це дає змогу підвищити ефективність роботи систем управління роботою ТГ.

Для забезпечення надійності інформації, яку надає розроблена багатоканальна система контролю температури основних вузлів ТГ, передбачені два рівня її діагностики, які здійснюються без демонтажу складових системи — термометрів опору, розташованих всередині ТГ.

Перший рівень діагностики дозволяє виявити відмови працездатності типу «замикання» або «обрив» у колі вимірювання. Він реалізується програмно у кожному циклі обробки інформації, що надходить від первинних датчиків температури. При цьому перевіряється відповідність вимірюваного значення опору  $r_T$  вимірювальному колу температури за такою нерівністю:

$$r_{\min} \leq r_T \leq r_{\max} \quad (1)$$

Межові чисельні значення опорів  $r_{\min}$  та  $r_{\max}$  термометрів обираються за умовою, що відповідна їм температура не може бути досягнута у ТГ навіть при аварійних режимах.

Якщо значення виміряного ТОМ менше встановленого рівня  $r_{\min}$ , то це свідчить про повне або часткове замикання електричного кола вимірювання температури.

Якщо значення виміряного опору ТОМ більше встановленого рівня  $r_{\max}$ , то це свідчить про обрив у колі вимірювання або втрати струму кола.

Застосування другого рівня діагностики багатоканальної системи контролю температури основних вузлів ТГ дозволяє виявити зміни у характеристиках градування термометрів опору (залежностях  $r_T = f(T)$ ), які можуть виникнути протягом експлуатації системи і компенсувати ці зміни шляхом отримання нових характеристик градування первинних перетворювачів температури.

Враховуючи, що характеристики градування ТОМ змінюються повільно, то застосовувати другий рівень діагностування багатоканальної системи контролю температури пропонується через відносно великі проміжки часу. Наприклад, один раз на місяць або через 500 годин роботи системи.

Принципово [5], що всі відомі методики бездемонтажної повірки термометрів опору зводяться до побудови їх градувальних характеристик на підставі вимірювання напруги вимірювального кола за мостовою схемою під час дії у колі імпульсу електричного струму із суворо заданою (еталонною) амплітудою.

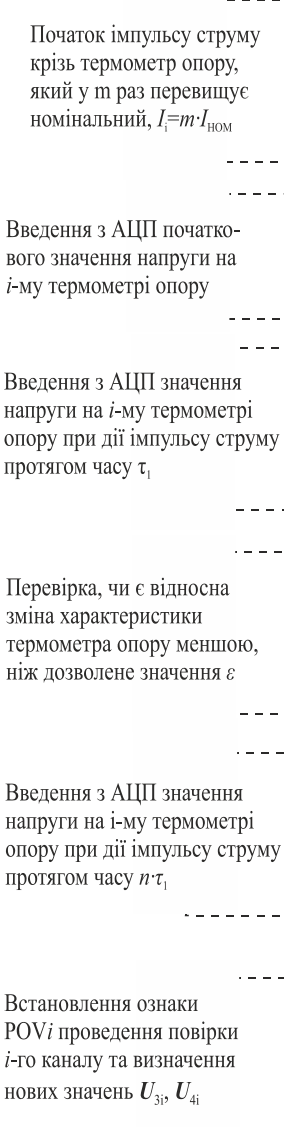
Ми пропонуємо безпосередньо вимірювати опір перетворювача температури та, використовуючи обчислювальні можливості ІВК, визначати необхідні метрологічні характеристики ТОМ.

Унаслідок дії електричного імпульсу прямокутної форми так звана температура перегріву  $\Delta T$  матеріалу ТОМ (різниця між температурою ТОМ у певний момент дії електричного імпульсу й температурою термометра до початку дії імпульсу) змінюється у часі за законом параболи (рис. 1) і може бути розрахована за формулою:

$$\Delta T = \frac{2 \cdot r \cdot I^2}{\lambda \cdot F} \cdot \sqrt{\frac{a \cdot \tau}{\pi}}, \quad (2)$$

де  $\Delta T$  — температура перегріву кожного з  $n$  термометрів опору,  $n = 1, 2, 3 \dots n$ , які розташовані у турбогенераторі;  $I$  — сила струму;  $r$  — електричний опір термометра опору;  $F$ ,  $\lambda$  та  $a$  — площа контакту термометра опору з діелектричною підкладкою, коефіцієнти теплопровідності й температуропровідності діелектричної підкладки;  $\tau$  — час.

При проведенні повірки термометр опору може бути включений у мостову схему, або, як це реалізовано у багатоканальній системі контролю температури основних вузлів ТГ, здійснюється комп'ютерне оброблення отриманої вимірювальної інформації за спеціальної програмою. При цьому вважається, що інформативна частка спаду напруги на термометрі опору буде пропорційна температурі термометра.



Під інформативною часткою  $U_i$  ( $i = 1, 2, 3 \dots n$ ) вимірної напруги  $U_T$ , слід розуміти напругу, розраховану за рівнянням, одержаним у результаті перетворення лінійної залежності величини електричного опору матеріалу від температури:

$$r_T = r_0(1 - \alpha \cdot T); \quad (3)$$

$$r_T \cdot I = r_0 \cdot I(1 + \alpha \cdot T) = r_0 \cdot I + \alpha \cdot T \cdot r_0 \cdot I; \quad (4)$$

$$U_T = U_0 + U_i; \quad (5)$$

$$U_i = U_T - U_0 = \alpha \cdot T \cdot r_0 \cdot I. \quad (6)$$

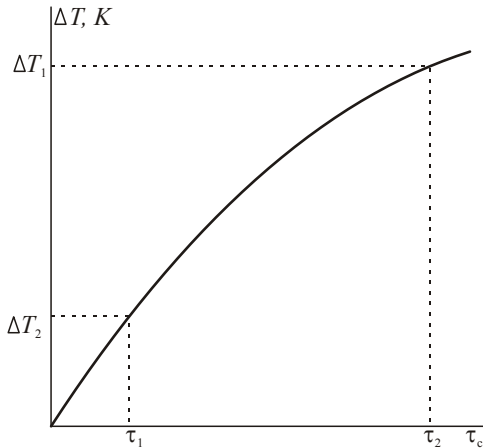


Рис. 2. Кінетика температури матеріалу термометра опору

На рис. 1 пряма  $A$  є первинною (базовою) залежністю інформативної частки спаду напруги на ТОМ від температури термометра (середовища). Якщо у коло термометра опору подати імпульс електричного струму з силою в  $m$  разів більшою за нормативний струм живлення при вимірюваннях, то на час дії імпульсу струму чутливість термометра опору збільшиться у  $m$  разів. У підсумку, пряма  $B$  на (рис. 1) буде мати в  $m$  разів більший тангенс кута нахилу до осі абсцис, ніж пряма  $A$ . Унаслідок дії імпульсу електричного струму буде змінюватися температура перегріву термометра опору і, відповідно, величина опору термометра. При

цьому інформативна частка спаду напруги  $U_1$  на термометрі опору буде пропорційна температурі перегріву ТОМ.

Зафіксувавши інформативну частку  $U_1$  від величини вимірної напруги на момент часу  $\tau_1$  дії імпульсу струму, отримуємо точку на характеристиці  $B$  при  $\Delta T_1$  та  $U_1$ . За таких умов базова

пряма  $A$  може бути описана рівнянням:

$$U_{(A)} = U_1 \cdot \Delta T / (m \cdot \Delta T_1). \quad (7)$$

Якщо для перевірки термометра опору, через певний час експлуатації, у вимірювальне коло буде поданий імпульс електричного струму і на момент часу  $\tau_1$  інформативна частка спаду напруги  $U_3$  не буде дорівнювати  $U_1$ , тобто  $U_3 \neq U_1$ , то це означатиме, що градувальна характеристика термометра зазнала зміни і не

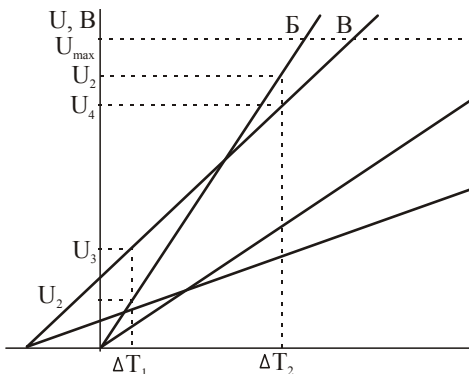


Рис. 3. Градувальні характеристики мідного термометра опору

відповідає прямій  $A$ . Для отримання математичного опису зміненої градууювальної характеристики термометра — прямої  $B$  на рис. 2, при силі струму  $I_1$ , потрібно мати координати ще однієї точки на прямій  $B$ . Для цього визначають інформативну частку  $U_4$  спаду напруги у момент часу  $\tau_2$  дії імпульсу електричного струму. При  $\tau_2/\tau_1=n$ , з рівняння прямої  $A$ , з використанням інформації про чисельні значення  $U_3$  і  $U_4$  отримуємо рівняння прямих  $B$  та  $\Gamma$  (рис. 1):

$$\frac{U_{(B)} - U_3}{U_3 - U_4} = \frac{\Delta T - \Delta T_1}{\Delta T_1 - \Delta T_2} = \frac{\Delta T / \Delta T_1 - 1}{1 - \sqrt{n}}; \quad (8)$$

$$U_{(B)} = \frac{\Delta T}{\Delta T_1} \cdot \frac{U_4 - U_3}{\sqrt{n} - 1} + \frac{\sqrt{n} \cdot U_3 - U_4}{\sqrt{n} - 1}; \quad (9)$$

$$U_{(\Gamma)} = \frac{\Delta T}{m \cdot \Delta T_1} \cdot \frac{U_4 - U_3}{\sqrt{n} - 1} + \frac{U_3 \sqrt{n} - U_4}{m(\sqrt{n} - 1)}. \quad (10)$$

З рівнянь розрахунків прямих  $A$ ,  $B$  і  $\Gamma$  отримуємо рівняння, за яким можна розраховувати скореговане значення інформативної частки спаду напруги:

$$\begin{aligned} U_{(A)} &= \left[ U_{(\Gamma)} - \frac{U_3 \sqrt{n} - U_4}{m(\sqrt{n} - 1)} \right] \cdot \frac{U_1(\sqrt{n} - 1)}{(U_4 - U_3)} = \\ &= \frac{U_1}{m \cdot (U_4 - U_3)} \cdot [U_{(\Gamma)} \cdot m(\sqrt{n} - 1) - U_3 \sqrt{n} + U_4]. \end{aligned} \quad (11)$$

Визначати температуру вузла ТГ можна за базовою градууювальною характеристикою термометра опору.

На підставі викладеного запропоновані алгоритми метрологічної повірки ТОМ, який знаходиться у середині ТГ, без зупинки машини та вимірювання температури основних вузлів ТГ (рис. 3). Другий рівень діагностики багатоканальної системи вимірювання температури основних вузлів ТГ пропонується здійснювати за такою методикою: 1. На початковому етапі експлуатації ІВК: отримують базові градууювальні характеристики для кожного термометра багатоканальної системи вимірювання температури; визначають інформативні частки напруг  $U_1$  і  $U_2$  у кожному вимірювальному колі системи на моменти часу  $\tau_1$  і  $\tau_2$  при дії електричного імпульсу з силою струму  $I_i$ , що в  $m$  разів перевищує номінальний вимірювальний струм. 2. При експлуатації ІВК для здійснення повірки термометрів опору в їх вимірювальні кола подаються імпульси електричного струму  $I_i$ , фіксуються інформативні частки спадів напруги і перевіряється їх відповідність встановленим значенням  $U_1$  і  $U_2$ .

Якщо виміряні значення відповідають значенням, які збережені у пам'яті комп'ютера, то вважається, що параметри ТОМ не змінилися і при проведеннях вимірювань обробка інформації проводиться на підставі базових градууювальних характеристик. Якщо ж виміряні значення не відповідають збереженим значенням, то в пам'ять заносяться нові значення  $U_3$  та  $U_4$ , а також встановлюється ознака  $POV_i=1$ , що сигналізує про необхідність врахування зміни градууювальної характеристики ТОМ.

Якщо ж градувальна характеристика ТОМ змінилася ( $POV_i=1$ ), то визначають відкориговане значення інформативної частки спаду напруги за рівнянням (11), а за ним розраховують значення відповідної температури.

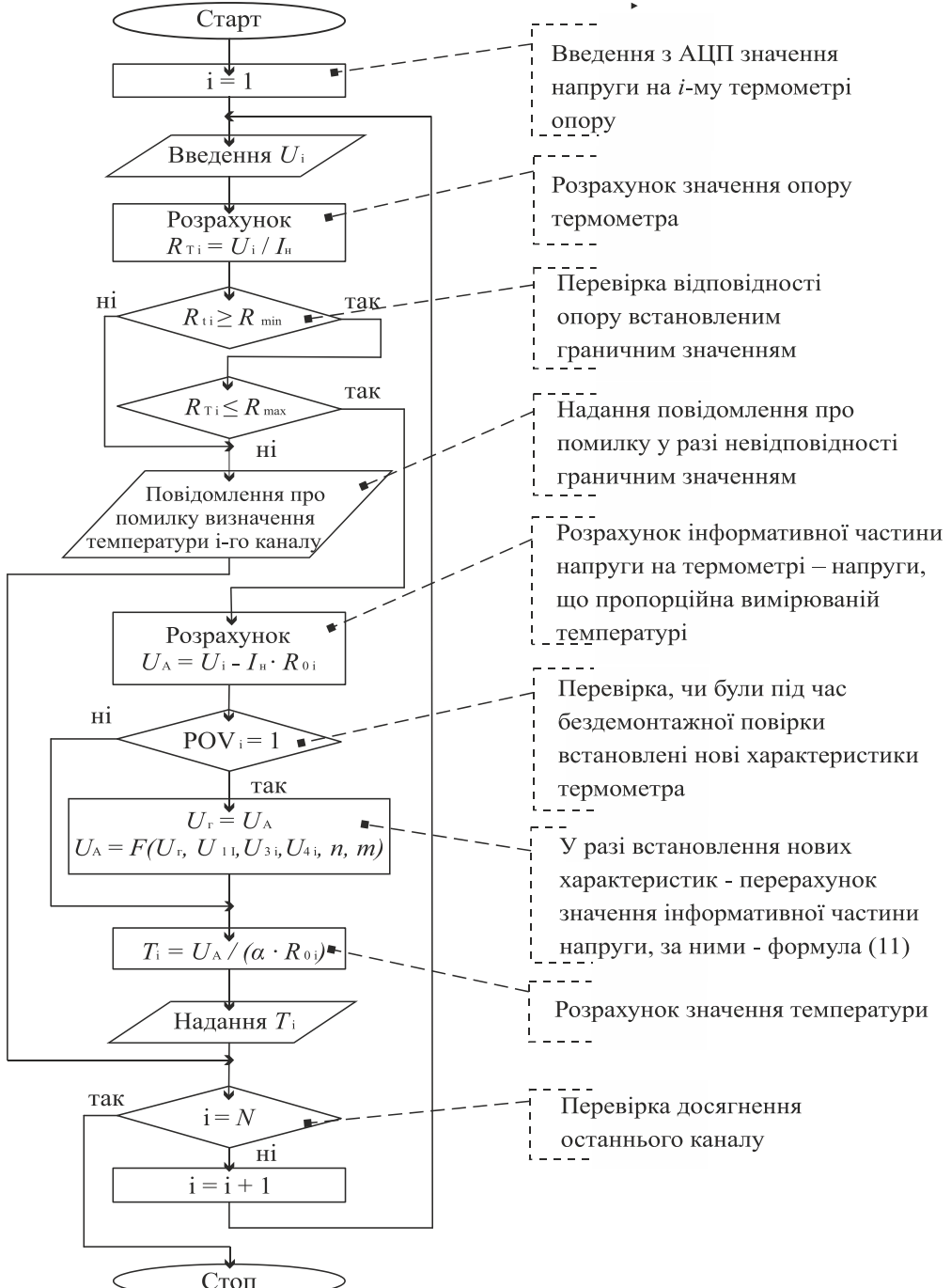


Рис. 3. Алгоритм вимірювання температури вузла ТГ

3. При проведенні вимірювань під час експлуатації ІВК вимірюють напругу на кожному ТОМ і розраховують його електричний опір, перевіряють відповідність опору встановленим межам, визначають інформативну частку спаду напруги, а потім перевіряють значення ознаки  $POV_i$ . Якщо градувальна характеристика ТОМ не змінилася ( $POV_i \neq 1$ ), то визначення температури проводять без корегування інформативної частки спаду напруги у вимірювальному колі. При проведенні перевірок багатоканальної системи вимірювання температури основних вузлів турбогенератора значення інформативних часток  $U_1 \dots U_4$  виміряних спадів напруг для кожного каналу системи зберігаються у пам'яті комп'ютера.

### Висновки

Системи, з яких складаються інформаційно-вимірювальні комплекси контролю параметрів роботи турбогенераторів, у тому числі й багатоканальні системи контролю теплового стану турбогенераторів, потребують застосування методів технічної діагностики, які дозволяють виявляти та прогнозувати не тільки її апаратні відмови, а також виявляти і виправляти зміну метрологічних характеристик первинних перетворювачів температури. Запропоновано спосіб, який дозволяє здійснювати діагностику багатоканальної системи вимірювання температури основних вузлів турбогенератора та метрологічну перевірку термометрів опору, у тому числі й тих, що розташовані всередині турбогенератора, без зупинки роботи машини. Застосування на практиці запропонованого способу діагностики багатоканальної системи вимірювання температури та метрологічної перевірки термометрів опору надає можливість підвищити точність діагностики робочого стану турбогенератора та ефективність системи керування роботою машини.

### Література

1. Самсонов В.В. Використання системи «МАСІТ» для оперативного контролю температурного поля працюючого генератора / В.В. Самсонов, О.О. Мазуренко, В.О. Шуліка, Л.Й. Воробйов // Наукові праці НУХТ. — 2013. — № 51. — С.8—16.
2. Степанченко И.В. Методы тестирования программного обеспечения: Учебное пособие / И.В. Степанченко. — Волгоград: ВолгГТУ, 2006. — 74 с.
3. Алексеев Б.А. Определение состояний (диагностика) крупных турбогенераторов / Алексеев Б.А. — М.: НЦ ЭНАС, 2001. — 152 с.
4. Вольдек А.И. Электрические машины. Машины переменного тока / А.И. Вольдек, В.В. Попов. — СПб.: 2010. — 352 с.
5. А.С. 684341 СССР. Способ проверки терморезисторов проверки терморезисторов. П.В. Новицкий, Б.С. Уткин. — Опубл. 05.09.1979. Б.И. №33.

## ТЕХНИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА МНОГОКАНАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ТЕПЛОВОГО СОСТОЯНИЯ ТУРБОГЕНЕРАТОРА

О.О. Мазуренко, В.В. Самсонов

Национальный университет пищевых технологий

*От полученных результатов систем диагностики и информационно-измерительного комплекса зависит достоверность определяемых причин*

отклонений в работе турбогенератора и принятия решений относительно дальнейших условий его эксплуатации, поэтому все составляющие требуют отдельной диагностики, которая будет выявлять и прогнозировать аппаратные и «метрологические» отказы. Но для оценки достоверности полученной информации от термометров сопротивления, расположенных внутри турбогенератора, необходима остановка и демонтаж объекта, поэтому для повышения точности и надежности диагноза и прогнозирования образования, путей и последствий развития дефектов без демонтажа составляющих систем предложено двухуровневый алгоритм диагностики, который позволит выявлять отказы работоспособности типа «замыкания» или «обрыв» в кругу измерения и изменения в характеристиках градуировки термометров сопротивления.

**Ключевые слова:** турбогенератор, термометры сопротивления, температура, диагностика, многоканальная система контроля, метрология.

УДК 637.33

## IR-SPECTROSCOPY AS AN EFFECTIVE METHOD OF DETERMINING THE MOISTURE STATUS IN PROTEIN-VEGETATIVE MIXTURES

S. Ivanov, O. Grek, O. Krasulia

*National University of Food Technologies*

| Key words:                                                                                                                                 | ABSTRACT                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>IR-spectroscopy</i><br><i>Extrudate of rice and wheat</i><br><i>Cottage cheese</i><br><i>Storage by freezing</i><br><i>Defrostation</i> | The paper presents the results of study of moisture status in milk-protein mixtures with rice and wheat extrudates before defrostation and when defrosted. IR-spectroscopy results confirmed that extrusion processing of grain crops helps to enhance moisture-coupled properties. This effect is observed when comparing IR-specters before and after defrostation. The opposite pattern was observed for cottage cheese mixtures containing wheat: the amount of strongly and loosely coupled moisture significantly increased when defrosted, indicating the free space filling of crystal lattices. The research results can be used to improve the storing technology of milk-protein products reducing the excess losses. |
| <b>Article history:</b><br>Received 13.07.2014<br>Received in revised form 27.07.2014<br>Accepted 06.08.2014                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| <b>Corresponding author:</b><br>S. Ivanov<br><b>Email:</b><br>npnuht@ukr.net                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |

## ВИЗНАЧЕННЯ СТАНУ ВОЛОГИ МЕТОДОМ ІЧ-СПЕКТРОСКОПІЇ У БІЛКОВО-РОСЛИННИХ СУМІШАХ

С.В. Іванов, О.В. Грек, О.О. Красуля

*Національний університет харчових технологій*

У статті досліджено стан вологи в молочно-білкових сумішах з екструдатами рису й пшениці до розморожування та після дефростації. Методом ІЧ-спектроскопії підтверджено, що екструзійне оброблення зернових покращує вологозв'язуючі властивості. Ефект спостерігається при порівнянні відносної інтенсивності смуг води і протеолітичного протону сиру кисломолочного, які зменшуються після дефростації, що характеризує збільшення вмісту міцнозв'язаної вологи. Для сумішей сиру кисломолочного з пшеницею реалізується протилежна закономірність — під час дефростації суттєво збільшується кількість як міцно-, так і слабкозв'язаної вологи, що свідчить про заповнення порожнин кристалічних решіток. Одержані результати досліджень можна використати при удосконаленні технології зберігання молочно-білкових продуктів для зменшення втрат у повному виробничому циклі напівфабрикатів.

**Ключові слова:** ІЧ-спектроскопія, екструдат рису і пшениці, сир кисломолочний, зберігання шляхом заморожування, дефростація.

Молочно-білкова продукція швидко псується, а це, у свою чергу, фактор обмеження зростання обсягів випуску та розширення асортименту. Одним із пріоритетних напрямів є створення нових і вдосконалення існуючих технологій молочних продуктів з полікомпонентним складом. Рослинні інгредієнти, які входять до їх рецептур, сприяють зниженню понаднормативних втрат при дефростації за рахунок запобігання синеретичних явищ. Поєднання молочної та рослинної сировини, що пройшли спеціальне оброблення, відкриває нові можливості для отримання біологічно повноцінних високоякісних заморожених продуктів харчування тривалого зберігання — напівфабрикатів на основі сиру кисломолочного [1]. Зазвичай такі продукти виготовляються спеціалізованими підприємствами із замороженої молочно-білкової сировини, що підлягає дефростації й супроводжується низкою змін [2]. По-перше, це фазовий перехід води у лід. У харчовій системі цей вплив призводить до більш складних наслідків, ніж при заморожуванні чистої води, включаючи багато інших змін, пов'язаних з цим фазовим переходом [3].

Згідно з нормативною документацією, масова частка вологи сиру кисломолочного коливається від 68,0 до 82,0 % залежно від способу коагуляції й температури оброблення процесу [4]. Це суттєво впливає на стан білків і, відповідно, на структуру після дефростації. Співвідношення між вільною і зв'язаною вологою, а також ступінь її структурування є вирішальними чинниками у формуванні реологічних параметрів харчових продуктів. При цьому вплив на органолептичні, функціонально-технологічні та фізико-хімічні властивості молочно-білкових продуктів надає сумарна вологість.

Так, при швидкому заморожуванні утворюється велика кількість дрібних кристалів. Загалом негативний вплив на якість молочно-білкового продукту чинить тиск утворених кристалів льоду на білкові комплекси, що призводить до їх розривів, порізів і втрати нативної структури. Крім того, підвищення концентрації розчинених хімічних речовин, що виникає при кристалізації, створює умови для перебудови білкових міцел, зміни структури продукту, наслідком чого є інтенсивне виділення вологи. Водночас різниця якості молочно-білкових напівфабрикатів на основі сиру кисломолочного, заморожених різними способами, майже зникає після кількох місяців зберігання при температурі  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  унаслідок міграційної перекристалізації — наростання великих кристалів за рахунок плавлення дрібних. Рушійними силами цього процесу вважають різницю температур усередині продукту та на його поверхні, а також різницю тисків на поверхні великих і малих кристалів [4].

Імовірно, складання білково-рослинних сумішей ще до заморожування, може сприяти зниженню понаднормативних втрат молочно-білкової основи (сиру кисломолочного) за рахунок зміни стану вільнозв'язаної вологи і її витікання після дефростації. Доцільним є підбір рослинних складових композитів, що якнайкраще забезпечать технологічну функцію вологозв'язування, сумісність на органолептичному рівні з молочно-білковою основою і

можуть бути складовою рецептур напівфабрикатів або іншої десертної продукції з полікомпонентним складом тривалого терміну зберігання.

Для зменшення кількості вільної вологи перед заморожуванням сиру кисломолочного запропоновано вводити рослинні інгредієнти: пшеницю та рис екструзійно оброблені. Згідно з робочою гіпотезою передбачається, що комплексотворення сиру кисломолочного з вищевказаними рослинними компонентами до заморожування призведе до зміни форм зв'язку вологи і, як наслідок, коригування фізико-механічних характеристик сумішей після дефростації.

За даними науковців [5], у результаті екструзійного оброблення відбувається низка біохімічних перетворень зернової сировини — перебудова деяких полімерних структурних утворень і екзотермічне розширення маси. Зміни крохмалю зернових здійснюються за рахунок теплового гідролізу й механічної деструкції. Екструдкування супроводжується зменшенням кристалічної фази на 52—62 %, деструкцією крохмальних полісахаридів і утворенням декстринів, кількість яких збільшується в 7—18 разів. Так, для екструдату рису вміст крохмалю на суху речовину становить 44,2 %, для пшениці — 44,1 % [6].

Значних змін зазнає білкова складова: кількість водорозчинних білків зменшується на 20...30 %, а соле-, луго- і спирторозчинних — збільшується. Фракційний склад білків екструдатів рису та пшениці наведено в табл. 1 [6].

*Таблиця 1. Фракційний склад білків екструдатів рису і пшениці*

| Екструдати | Загальний вміст білка, % | Вміст, %<br>від загального білка |           |           |           |                  |
|------------|--------------------------|----------------------------------|-----------|-----------|-----------|------------------|
|            |                          | альбуміни                        | глобуліни | проламіни | глютеліни | нерозчинний осад |
| Рису       | 7,0                      | 7,8                              | 8,4       | 5,7       | 54,8      | 20,8             |
| Пшениці    | 11,2                     | 12,7                             | 5,2       | 32,2      | 32,2      | 6,4              |

Це пояснюється тим, що в результаті денатурації відбувається утворення дисульфідних зв'язків із сульфгідрильних груп, що може викликати ковалентне зв'язування поліпептидних ланцюгів молекули білка. Міжмолекулярна взаємодія реакційно здатних груп білків сприяє виникненню значної кількості ковалентних, водневих та інших видів зв'язку електростатичного походження і призводить до утворення достатньо стійких високомолекулярних білкових речовин [5].

Якщо розглядати вищезазначені екструдати пшениці та рису як високомолекулярні сполуки, що мають специфічні властивості (здатність до набухання, структуроутворення), то можна стверджувати, що ці властивості будуть проявлятися в молочно-білкових сумішах із вмістом сироватки від 18 до 32 %. Механізм взаємодії з вологою останніх може бути вивчений за кількісними і якісними показниками за допомогою спектроскопії.

Сир кисломолочний містить порівняно велику кількість вологи, що легко видаляється і слабкозв'язана із зовнішньою поверхнею міцел казеїну, інша — більше або менше інтраміцелярно. Найбільш чутливими до наявності водневих зв'язків є валентні коливання ОН-груп в області 3300 см<sup>-1</sup>, розташування яких залежить від концентрації, умов і які достатньо добре відокремлюються від смуг поглинання інших груп. Молекули адсорбційної

вологи знаходяться на поверхні речовини, в порожнинах кристалічних решіток, у каналах-капілярах, де вони зв'язані слабкими силами Ван-дер-Вальса, інколи водневими зв'язками з поверхнею атома. В ІЧ-спектрі адсорбційна волога характеризується вузькими смугами поглинання в інтервалі  $3700\text{--}3550\text{ см}^{-1}$  [7].

Якість харчової сировини, можливості її переробки, термін зберігання та інші визначальні характеристики зумовлені різними формами вологи, що входить до її складу. Сучасний рівень фізичної науки дає змогу одержати достовірні дані про структуру вологи при різних термічних впливах на будь-які молочні полікомпонентні системи. Для вивчення стану води в біологічних системах використовують декілька методів — імпульсний ядерномагнітний резонанс та ІЧ-спектроскопію. Перший надає можливість зробити висновки про рухливість і структурні характеристики різних фракцій молекул води, рух яких частково обмежений субстратами. Одним з ефективних методів дослідження якісних і кількісних характеристик водневих зв'язків є інфрачервона (ІЧ) спектроскопія. Даний метод широко використовується для ідентифікації хімічних сполук, функціонального аналізу, з'ясування природи між- і внутрішньомолекулярних взаємодій, як вже зазначалось вище, вивчення водневих зв'язків тощо. Метод ІЧ-спектроскопії є досить інформативним при вивченні сорбційних процесів за участю води, що вже було доведено в попередніх дослідженнях [8, 9], тому зазначений метод було застосовано для вивчення різних типів Н-зв'язаної води в композиціях сиру кисломолочного з екструдатами рису або пшениці до заморожування і після дефростації.

Метою дослідження є визначення методом ІЧ-спектроскопії стану вологи в білково-рослинних сумішах з екструдатами рису або пшениці до заморожування і після дефростації та станом вологи в них.

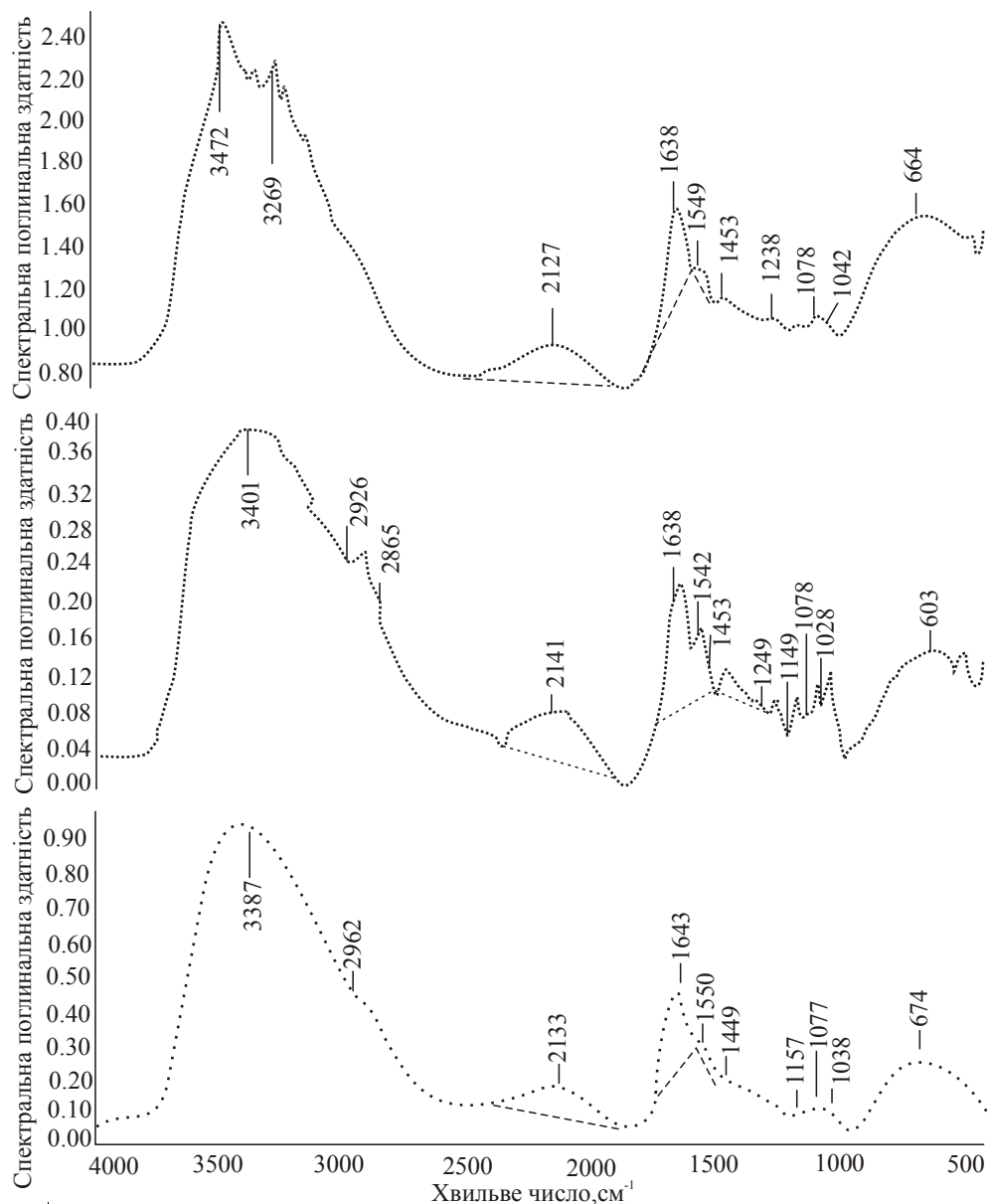
Об'єктом дослідження є стан вологи в молочно-білкових сумішах з екструдатами рису або пшениці до та після розморожування.

Предметом дослідження є суміші сиру кисломолочного з екструдатами рису або пшениці до заморожування та після дефростації і стан вологи в них.

Готували модельні зразки сумішей на основі сиру кисломолочного нежирного (масова частка вологи — не більше  $(80\pm 2)\%$ , білку —  $(18,0\pm 2)\%$ , лактози —  $(1,8\pm 0,09)\%$ , титрована кислотність — не вище  $(250\pm 10)\text{ }^{\circ}\text{T}$ ) з екструдатами рису або пшениці у кількості 5 % (раціональне значення отримано в попередніх дослідженнях [10]). Умови проведення дефростації білково-рослинних сумішей: температура —  $(20\pm 2)\text{ }^{\circ}\text{C}$ , відносна вологість повітря —  $(80\pm 2)\%$ , швидкості руху повітря — 0,1 м/с, кінцева температура дефростації —  $(2\pm 1)\text{ }^{\circ}\text{C}$  в центрі дослідних зразків. Брикети звільняли від поліетиленової плівки, викладали на фільтрувальний папір і відважували зразки згідно з вимогами дослідних методик.

ІЧ-спектр білково-рослинних сумішей знімали за методом роздушеної краплі між віконцями КРС-5 на ІЧ-Фур'є спектрометрі «Nexus» фірми «Thermo Nicolet», США. Як внутрішній стандарт використовували нуйол, який не має додаткових смуг в області поглинання води. Умови зйомки спектрів: діапазон сканування —  $400\text{...}4000\text{ см}^{-1}$ , число сканів за секунду — 7, інтервал сканування —  $1\text{ см}^{-1}$ , роздільна здатність —  $1\text{ см}^{-1}$ .

В результаті дослідження отримано віднесення смуг пропускання ІЧ-спектрів дослідних зразків сиру кисломолочного з додаванням екструдатів рису або пшениці до заморожування і після дефростації та ідентифікацію функціональних груп. Приклади графічного зображення дослідних зразків сиру кисломолочного з екструдатом рису або пшениці після дефростації представлено на рис. 1 (а-в).



**Рис. 1. Інфрачервоні спектри пропускання зразків після дефростації:** А — сиру кисломолочного; Б — суміші сиру кисломолочного з екструдатом рису; В — суміші сиру кисломолочного з екструдатом пшениці

При порівнянні спектрів досліджених зразків спостерігається схожість основних смуг (рис. 1). Видно, що спектр сиру кисломолочного відрізняється від спектрів сумішей з рослинними інгредієнтами присутністю смуг поглинання  $3269\text{ см}^{-1}$ . Широка смуга поглинання в області  $3400\text{--}3200\text{ см}^{-1}$  зумовлена валентними коливаннями Н-зв'язаних ОН-груп. Поява в ІЧ-спектрі інтенсивної смуги валентних коливань  $\text{C}=\text{O}$ -груп при  $1638\text{ см}^{-1}$  пояснюється, ймовірно, процесами часткового поверхневого гідролізу крохмалю екструдатів до низькомолекулярних фрагментів з розкриттям глікозидних циклів з утворенням при цьому альдегідних груп. Максимум поглинання в даній області свідчить про деформаційне коливання адсорбційно-зв'язаної води. Смуги поглинання при  $1550\text{--}1542\text{ см}^{-1}$  зумовлені деформаційним коливанням NH-груп амінокислот в складі білкової частини сиру кисломолочного та екструдатів. Як видно з рис. 1 (а-в), дана смуга наявна у всіх спектрах. Смуга

$1549\text{ см}^{-1}$  характерна для карбоксилат іону —  $\left(-\text{C}\overset{\text{O}}{\parallel}\text{O}\right)\text{Me}^+$ .

Широка смуга в області  $2133\text{--}2127\text{ см}^{-1}$  відноситься до рухливого протона, що здатний утворювати Н-зв'язки «місткового» типу. Утворена смуга в даній області свідчить про наявність слабкозв'язаної вологи. В спектрах сиру кисломолочного з екструдатами рису або пшениці зареєстровані невеликі зміни в районі коливань  $\text{C}-\text{H}$  і  $\text{O}-\text{H}$  зв'язків порівняно зі спектром сиру кисломолочного. Поява смуг поглинання валентних коливань ОН-груп до  $2962\text{--}2865\text{ см}^{-1}$  свідчить про утворення на поверхні вуглеводів (рослинних інгредієнтів) карбоксильних груп. У всіх зразках спостерігаються смуги  $1449, 1453\text{ см}^{-1}$ , що вказують на деформаційні коливання метильних і метиленових груп матриці. Ряд смуг в області  $1243\text{--}1041\text{ см}^{-1}$  відноситься переважно до зв'язків  $\text{C}-\text{O}$ ,  $\text{C}-\text{C}$  матриці. З метою вивчення механізму адсорбції різних типів Н-зв'язаної вологи в сумішах сиру кисломолочного з екструдатами рису або пшениці обраховано відносну інтенсивність смуг пропускання, де  $R_1$  — показник міцнозв'язаної вологи;  $R_2$  — показник слабкозв'язаної вологи. Розрахунок площ виконано за методом трикутника. Як базові лінії взяті відповідні дотичні —  $ab$ ,  $cd$  і  $dc$ . Внутрішнім стандартом обрахунків слугує смуга  $1539\text{ см}^{-1}$ , яка об'єктивно характеризує зміну стану вологи в дослідних сумішах. Для прикладу нижче наведено обрахунок  $R_1$  та  $R_2$  для сиру кисломолочного (рис. 1А):

$$R_1 = \frac{S_{1640}}{S_{1539}}; R_2 = \frac{S_{2127}}{S_{1539}},$$

де  $S$  — площа (або інтегральна інтенсивність) відповідної смуги.

Відносні інтенсивності різних типів Н-зв'язаної води ( $X=0,95$ ;  $n=3$ ;  $S_4=10\%$ ) дослідних зразків сиру кисломолочного з додаванням екструдатів рису або пшениці до заморожування та після дефростації представлені в табл. 2.

Таблиця 2. Відносні інтенсивності різних типів Н-зв'язаної води ( $X=0,95$ ;  $n=3$ ;  $S_4=10\%$ )

| Показники | Зразки до заморожування |                            |                               | Зразки після дефростації |                            |                               |
|-----------|-------------------------|----------------------------|-------------------------------|--------------------------|----------------------------|-------------------------------|
|           | сир к/м                 | сир к/м з екструдатом рису | сир к/м з екструдатом пшениці | сир к/м                  | сир к/м з екструдатом рису | сир к/м з екструдатом пшениці |

| Показники      | Зразки до заморожування |                            |                               | Зразки після дефростації |                            |                               |
|----------------|-------------------------|----------------------------|-------------------------------|--------------------------|----------------------------|-------------------------------|
|                | сир к/м                 | сир к/м з екструдатом рису | сир к/м з екструдатом пшениці | сир к/м                  | сир к/м з екструдатом рису | сир к/м з екструдатом пшениці |
| R <sub>1</sub> | 16,7                    | 2,8                        | 8,2                           | 9,8                      | 7,4                        | 8,4                           |
| R <sub>2</sub> | 16,9                    | 0,9                        | 17,1                          | 14,8                     | 10,7                       | 16,2                          |

Згідно з наведеними розрахунками (табл. 2), відносна інтенсивність смуг води і протеолітичного протону в сирі кисломолочному зменшується після дефростації, що характеризує збільшення міцнозв'язаної води. Для сумішей сиру кисломолочного з пшеницею протилежна закономірність — під час дефростації суттєво збільшується кількість як міцно-, так і слабкозв'язаної води, що свідчить про заповнення пористості кристалічних решіток, де вони утримують вологу.

### Висновок

Доведено ефективність методу ІЧ-спектроскопії для визначення стану води у білково-рослинних сумішах до та після дефростації. Підтверджено, що екструдати рису та пшениці в поєднанні з сиром кисломолочним мають здатність змінювати стан вільнозв'язаної води — запобігати активним синергетичним явищам після дефростації. Результати досліджень доцільно використати для раціоналізації технології зберігання молочно-білкових продуктів для зменшення втрат понад нормативних у повному виробничому циклі напівфабрикатів.

### Література

1. Грек Е.В., Тимчук А.В. Пути уменьшения потерь массы полуфабрикатов на молочно-белковой основе после дефростации // Актуальные научные вопросы: реальность и перспективы. Сборник научных трудов по материалам Международной заочной научно-практической конференции, 26 декабря. — Тамбов, 2012. — С. 149—150.
2. Петрухина Э.П., Корешков В.Н., Дудник Л. П. Новые нормы потерь творога и сметаны при холодильной обработке // Холодильная техника. — 1990. — № 6. — С. 39—41.
3. Нечаев А.П. Пищевая химия / Нечаев А.П., Траубенберг С.Е., Кочетков А.А. — СПб.: ГИОРД, 2004. — 640 с.
4. Замороженные пищевые продукты. Научные основы и технология / Перевод с англ. Под ред. Дж. А. Эванс. — СПб.: «Профессия». 2010. — 448 с.
5. Ковбаса В.М. Наукове обґрунтування високотемпературної екструзії природних біополімерів та розроблення раціональних технологій харчо-концентратів і хлібопродуктів поліпшеної якості: Автореферат дис. ... доктора техн. наук. — К.: УДУХТ, 1998.
6. Ковбаса В.М., Миронова Н.Г., Шаповал С.В. Зміни вуглеводного комплексу зернових у процесі екструзії // Вісник аграрної науки. — 1997. — № 3. — С. 55—57.

7. *Исследование* качественного раздела влаги в крахмалах методом ИК—спектроскопии / О.Ю. Мельник, В.М. Ковбаса, А.П. Перепелица // Техника и технология пищевых производств: V Международная научно-практическая конф., 18—20 мая 2005 г. Материалы конф. — М.: Могилевский государственный университет продовольствия, 2005. — С. 65.

8. *Ткаченко О.П.* Исследование качества пищевых продуктов методом И Фурье-спектроскопии / О.П. Ткаченко, В.Г. Красовский, Л.М. Кустов // Хранение и переработка сельхозсырья. — 2011. — № 11. — С. 49—55.

9. *Онопрійчук О.О.* Дослідження форм зв'язків крохмальмісткої сировини з вологою молочної основи / О.О. Онопрійчук, А.Б. Петрина, О.В. Грек // Науковий вісник Львівської національної академії ветеринарної медицини ім. С.З. Гжицького. — 2007. — № 2 (33). — С. 172—175.

10. *Грек О.В.* Кріоскопічна температура сумішей на основі сиру кисло-молочного / О.В. Грек, А.В. Тимчук // Продовольча індустрія АПК. — 2011. — № 3. — С. 20—23.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОСТОЯНИЯ ВЛАГИ МЕТОДОМ ИК-СПЕКТРОСКОПИИ В БЕЛКОВО-РАСТИТЕЛЬНОЙ СМЕСИ

С.В. Иванов, Е.В. Грек, Е.А. Красуля

*Национальный университет пищевых технологий*

*В статье приведены исследования состояния воды в молочно-белковых смесях с экструдатом риса и пшеницы до размораживания и после дефростации. Методом ИК-спектроскопии подтверждено, что экструзионное воздействие зерновых улучшает водосвязывающие свойства. Данный эффект наблюдается при сравнении относительной интенсивности полос воды и протеолитического протона творога, которые уменьшаются после дефростации, что свидетельствует об увеличении содержания сильносвязанной влаги. Для смесей творога с пшеницей реализуется противоположная закономерность — при дефростации существенно увеличивается количество как сильно-, так и слабосвязанной влаги, что свидетельствует о заполнении пустот кристаллических решеток. Полученные результаты исследований можно использовать при совершенствовании технологии хранения молочно-белковых продуктов для уменьшения потерь в полном производственном цикле полуфабрикатов на их основе.*

**Ключевые слова:** ИК-спектроскопия, экструдат риса и пшеницы, творог, хранения путем замораживания, дефростация.

УДК 541.183.5:543.43:546.45

## SORPTION-PHOTOMETRIC DETERMINATION OF LEAD IONS IN BIOLOGIC FLUIDS

G. Zaitseva, T. Reva, V. Kalibabchuk, S. Gojdzinsky, O. Tretevykh

*Bogomolets National Medical University*

|                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Key words:</b><br><i>Modified silicon (IV) oxides</i><br><i>Sorption</i><br><i>Lead</i>                   | <b>ABSTRACT</b><br>Chemical and analytical properties of 6-propylamido-2-pyridinecarboxylic acid bonded on highly dispersed silica are investigated. The sorption-photometric procedures of lead ions determination in urine are offered. |
| <b>Article history:</b><br>Received 03.07.2014<br>Received in revised form 19.07.2014<br>Accepted 26.07.2014 |                                                                                                                                                                                                                                           |
| <b>Corresponding author:</b><br>G. Zaitseva<br><b>E-mail:</b><br>gzaitseva@univ.kiev.ua                      |                                                                                                                                                                                                                                           |

## СОРБЦІЙНО-ФОТОМЕТРИЧНЕ ВИЗНАЧЕННЯ ІОНІВ ПЛЮМБУ В БІОЛОГІЧНИХ РІДИНАХ

Г.М. Зайцева, Т.Д. Рева, В.О. Калібабчук, С.М. Гождзінський, О.Ю.Третєвич  
*Національний медичний університет імені О.О. Богомольця*

У статті оцінено хіміко-аналітичні властивості 6-пропіламідо-2-піридиндикарбонової кислоти, ковалентно закріпленої на поверхні високодисперсного силіцій (IV) оксиду. Розроблено сорбційно-фотометричні методики визначення іонів плумбу в сечі.

**Ключові слова:** модифікований силіцій (IV) оксид, сорбція, плумбум.

Свинець являє собою токсичний метал, широке використання якого у різних галузях промисловості призвело до значного забруднення навколишнього середовища і виникненню проблем зі здоров'ям у дітей і дорослих. Людина може зазнавати впливу плумбу через професійні й екологічні джерела: внаслідок вдихання частинок Pb при ненормативній переробці вторинної сировини (деталі комп'ютерів і батарейки), використанні свинецьовмісної фарби, тетраетилсвинцю як антидетонатора в автомобільному паливі, або при вживанні забрудненої води (свинцеві труби) чи їжі (з контейнерів, які виготовлені з використанням свинцевої припайки).

Потрапляючи в організм, Pb акумулюється у головному мозку, нирках, печінці і кістках, викликаючи хронічну інтоксикацію (анорексія, анемія, атаксія)

[1,2]. У дітей свинець викликає затримку загального розвитку та зниження рівня інтелекту [2]. Високі дози (800—1000 мкг/л) пригнічують синтез порфіринів, хворі помирають від генералізованого набряку мозку [1,3]. В основі дії свинцю лежить порушення третинної структури внутрішньоклітинних білків унаслідок зв'язування металу із дисульфідними групами.

Накопичення важких металів в організмі людини контролюють за вмістом їх у сечі. Наприклад, норма виділення плумбуму з сечею становить 11 мкг/л (верхня межа — 30—40 мкг/л), кадмію — 10—50 мкг/л [3]. Відомі методики аналізу цих металів досить складні та довготривалі [4,5], тому розробка експресних і дешевих методів для кількісного визначення іонів токсичних металів у фізіологічних рідинах є актуальною. Низькі значення ГДК токсичних елементів у водах і біологічних рідинах, складність матриці вимагають попереднього концентрування мікрокомпонентів для їх визначення. Найбільш зручний для таких цілей метод сорбційного концентрування [6—8], а модифіковані кремнеземи, завдяки високим кінетичним характеристикам, є пріоритетними серед сорбентів [6,7,9].

У [9,10] зазначається, що вискодисперсний кремнезем, модифікований функціональними групами 6-пропіламідо-2-піридиндикарбонової кислоти ( $\text{PyCOONa} - \text{CX}$ ), є селективним до іонів плумбуму, тому варто дослідити хіміко-аналітичні властивості  $\text{PyCOONa} - \text{CX}$  та можливості його застосування як твердофазного екстрагента іонів плумбуму з розчинів різної природи з метою розробки методики їх визначення в біологічних рідинах.

#### *Експериментальна частина*

*Об'єкти і методи дослідження.*  $\text{PyCOONa} - \text{CX}$  отримували за методикою [10]. Концентрація закріплених груп піридин карбонової кислоти складала 0,16 мМ/г [10]. 0,1М розчини нітратів металів готували за [11]. Точну концентрацію іонів металів у розчині встановлювали комплексонометрично. Більш розбавлені розчини готували розведенням вихідних.

Оптичну густину розчинів вимірювали на спектрофотометрі Specol-11 чи СФ-16, рН контролювали на приладі «Иономер ЭВ — 74». Лабораторний посуд витримували протягом 24 годин у розчині 10 %  $\text{HNO}_3$ .

*Методика експерименту.* Сорбційні властивості  $\text{PyCOONa} - \text{CX}$  досліджували стосовно іонів  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Cd}^{2+}$ ,  $\text{Hg}^{2+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$  у динамічному режимі: 10 мл  $1,0 \cdot 10^{-4}$  М розчину солі металу із значеннями рН оптимальної сорбції для статичного режиму пропускали через хроматографічну колонку діаметром 5мм і масою сорбенту 0,5 г за допомогою перистальтичного насоса зі швидкістю 1 мл/хв. Хроматографічну колонку перед використанням промивали 50 мл 0,1 М розчину нітратної кислоти та 50 мл дистильованої води. Ступінь сорбції іону металу контролювали за остаточною концентрацією фотометрично [9] шляхом визначення його вмісту у кожних 2 мл пропущеного через колонку розчину.

Десорбцію металів вивчали у динамічному режимі шляхом пропускання 0,1 М розчину нітратної кислоти через колонку з сорбентом і методом градієнтного елюювання. Елюат збирали порціями по 0,5 мл і визначали у кожній порції вміст іонів металу фотометрично. Методика градієнтного елюювання полягала в

пропусканні через колонку розчину нітратної кислоти з постійно змінною концентрацією. Для цього використовували систему «сполучених посудин». Елюат збирали порціями по 2,0 мл і визначали вміст іонів металу як описано вище.

Залежність кількісного вилучення іонів п्लомбуму від кратності проведення процесу «сорбція — десорбція» досліджували у динамічному режимі ( $C_M = 8,0 \cdot 10^{-5} \text{ M}$ ,  $\text{pH} = 5,5$ ). Перед кожним повторним проведенням процедури «сорбція — десорбція» колонку промивали 10 мл 0,1 М розчину нітратної кислоти та 50 мл дистильованої води.

Сорбційне концентрування іонів металів з водних і модельного розчинів на основі мінеральної води «Поляна подільська» вивчали шляхом пропускання 0,01 — 0,05 мг/л розчину п्लомбуму через хроматографічну колонку зі швидкістю 5 мл/хв. Іони п्लомбуму елюювали 2 мл 0,1 М розчину нітратної кислоти.

Кількісні характеристики сорбенту розраховували згідно з [9].

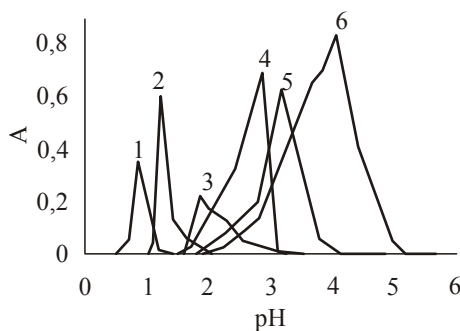
#### *Результати та їх обговорення*

Сорбційна рівновага у системі  $\text{PyCOONa} - \text{CX} - \text{іон металу}$   $\text{Hg}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Cd}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$  встановлюється протягом 5—10 хв. Значення  $D_g$  для вивчених систем залежать від  $\text{pH}$  розчину: при зменшенні кислотності водної фази коефіцієнти розподілу збільшуються. Максимальні значення  $D_g$  спостерігаються в умовах, які відповідають кількісному вилученню металів і досягають значень  $10^5$ — $10^3$  мл/г, що вказує на високу ефективність  $\text{PyCOONa} - \text{CX}$  і можливість вилучення іонів з розведених розчинів невеликими наванженнями цього ХМК. В інтервалі  $\text{pH}$ , де значення  $D_g \leq 100$  мл/г, сорбент може знайти застосування для хроматографічного розділення іонів. Кількісне розділення суміші елементів методом селективної сорбції досягається, якщо  $D_{M_1} / D_{M_2} \geq$

10—30. Коефіцієнти концентрування для вивчених систем залежать від природи металу та  $\text{pH}$  розчину. Показано, наприклад, що при  $\text{pH}$  0,5 можна сконцентрувати та відокремити іони  $\text{Hg}^{2+}$  від решти іонів вивчених металів, іони  $\text{Pb}^{2+}$  можна відокремити від іонів  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Cd}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$  в інтервалі  $\text{pH}$  2—3,5.

Встановлено, що у динамічному режимі  $\text{PyCOONa} - \text{CX}$  кількісно вилучає іони металів з  $1,0 \cdot 10^{-4}$  М розчинів. Для кількісної десорбції іонів  $\text{Pb}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Cd}^{2+}$  та  $\text{Ni}^{2+}$  достатньо 2 мл 0,1 М розчину нітратної кислоти. Іони ртуті частково вилучаються з поверхні сорбенту, ймовірно,  $\text{Hg}^{2+}$  утворює досить стійкі комплекси, які не руйнуються в умовах експерименту. На рис. 1 наведено хроматограми  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Cd}^{2+}$  та  $\text{Ni}^{2+}$ . Так, іони  $\text{Ni}^{2+}$  десорбуються в інтервалі  $\text{pH}$  5,0 — 2,0. Іони  $\text{Cd}^{2+}$  вилучаються з фази сорбенту при  $\text{pH}$  4,0—2,2, а іони  $\text{Zn}^{2+}$  — при  $\text{pH}$  3,2—1,6. Оптимальна область десорбції іонів  $\text{Pb}^{2+}$  —  $\text{pH} = 3,3$ —1,6;  $\text{Fe}^{3+}$  —  $\text{pH} = 2,1$ —1,1;  $\text{Cu}^{2+}$  —  $\text{pH} = 1,3$ —0,5. Таким чином, метод градієнтного елюювання надає можливість відокремити іони один від одного й оцінити склад аналіту при груповому концентруванні іонів вивчених металів.

Результати вивчення залежності кількісного вилучення іонів п्लомбуму від кратності проведення процесу «сорбція — десорбція» показали, що сорбційна ємність хроматографічної колонки не змінюється до 5 циклів, далі спостерігається поступове зниження ємності сорбенту, і, після 9 циклу, сорбційна ємність складає половину від початкової.



**Рис. 1.** Хроматограма градієнтного елюювання іонів  $\text{Cu}^{2+}$  — 1,  $\text{Fe}^{2+}$  — 2,  $\text{Pb}^{2+}$  — 3,  $\text{Zn}^{2+}$  — 4,  $\text{Cd}^{2+}$  — 5,  $\text{Ni}^{2+}$  — 6 залежно від рН середовища

Результати сорбційного концентрування іонів свинцю з водних розчинів показують, що в умовах рівноваги забезпечується кількісна сорбція-десорбція іонів металів з 1 л водного розчину (таблиця). Коефіцієнти концентрування досягають значень  $5 \cdot 10^2$ .

Проведено сорбційно-фотометричне визначення іонів свинцю в модельних розчинах і в сечі (таблиця). Модельний розчин на основі мінеральної води «Поляна подільська» містить такі супутні іони, мг/л:  $\text{HCO}_3^-$  — 300—600,  $\text{SO}_4^{2-}$  — <100,  $\text{Cl}^-$  — <100,  $\text{Ca}^{2+}$  — <25,  $\text{Mg}^{2+}$  — <25,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  — 150—300,  $\text{Ag}^+$  — 0,2.

#### Методики визначення

**Мінеральна вода.** До 1 л мінеральної води додають 10—50 мкг свинцю, пропускають розчин через колонку, що містить сорбент  $\text{PyCOONa}$  — CX ( $m = 0,5$  г, висота шару сорбенту 16 мм, внутрішній діаметр 5 мм). Потім колонку промивають 20 — 30 мл дистильованої води та елюють свинець 2 мл 0,1М розчину нітратної кислоти. Елюат переносять у мірну колбу на 25 мл, додають 5 мл 0,5 М розчину  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$  1 мл 0,06%-ого розчину сульфасазену та доводять до позначки дистильованою водою. Розчини фотометрують при 510 нм і товщині шару 10 мм. Вміст свинцю визначають за калібрувальним графіком.

**Сеча.** До 200 мл розчину сечі додають 200 мл дистильованої води, створюють кислотність розчину рН 2,9 шляхом додавання ацетатного буферного розчину та проводять концентрування іонів свинцю. Для цього зразки, підготовлені для аналізу, пропускають через колонку, що містить сорбент  $\text{PyCOONa}$  — CX ( $m = 0,5$  г, висота шару сорбенту 16 мм, внутрішній діаметр 5 мм), зі швидкістю 5 мл/хв. Потім колонку промивають 20 — 30 мл дистильованої води та елюють свинець 2 мл розчину нітратної кислоти з рН 1,5. Промивні води переносять в мірну колбу на 25 мл, додають 3 мл 0,05 М розчину  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ , 1 мл 0,06%-ого розчину сульфасазену та доводять до позначки дистильованою водою. Розчини фотометрують при 510 нм та товщині шару 10 мм. Вміст свинцю визначають за калібрувальним графіком. Паралельно проводять холостий дослід.

Результати сорбційно-фотометричного визначення свинцю (таблиця) свідчать про достатньо задовільну точність і відтворюваність запропонованих методик.

Тривалість виконання визначення іонів свинцю у сечі 40 хв, тоді як за методикою, яка використовується у клінічних лабораторіях, близько двох робочих днів.

*Таблиця. Визначення іонів свинцю з водних і модельних розчинів на основі мінеральних вод ( $V = 1$  л) та сечі ( $V = 0,2$  л):  $m_c = 0,5$  г,  $pH = 5,0$ ,  $n = 3$ , елюент 2 мл  $0,1M HNO_3$ ,  $S_r = 0,02-0,07$*

| $Pb^{2+}$           | Об'єкт аналізу    |                                                |          |
|---------------------|-------------------|------------------------------------------------|----------|
|                     | Дистильована вода | Модельний розчин на основі «Поляна подільська» | Сеча     |
| Введено,<br>мкг/ л  | 50,3              | 30,2                                           | 50,3     |
|                     | 20,1              | 20,1                                           | 40,2     |
|                     | 10,0              | 10,0                                           | 30,2     |
|                     |                   |                                                | 20,1     |
|                     |                   |                                                | 10,0     |
| Знайдено,<br>мкг/ л | 49,1±0,5          | 29,6±0,5                                       | 49,2±1,2 |
|                     | 19,9±0,2          | 19,9±0,2                                       | 39,7±0,3 |
|                     | 9,9±0,1           | 9,9±0,2                                        | 29,4±0,4 |
|                     |                   |                                                | 19,6±0,2 |
|                     |                   |                                                | 9,9±0,2  |

### **Висновки**

За розробленою методикою можна визначати вміст свинцю в інтервалі від допустимої норми до патологічного вмісту при хронічних отруєннях токсичним металом. Визначення не потребує спеціального обладнання, просте у виконанні і має низьку собівартість. Запропонована методика дозволяє визначати свинець у сечі, використовуючи обладнання лабораторій, які виконують клінічні аналізи у лікарнях і поліклініках.

### **Література**

1. Ильченко И. П., Вялков. И. А., Сырцова Л. Е. и др. // Гигиена и санитария. — 2007. — № 6. — С. 70 — 74.
2. Шубина О. С., Киреева Ю. В. // Вестник ОГУ. — 2008. — № 6 (88). — С. 118—121.
3. Меньшиков В. В., Делекторская Л. Н., Золотницкая Р. П. и др. Лабораторные методы исследования в клинике: Справочник / Под ред. В. В. Меньшикова. — М.: Медицина, 1987. — 368 с.
4. Вредные вещества в промышленности. Т.3. Справочник для химиков, инженеров и врачей /под редакцией Н.В. Лазарева. — М.: Химия, 1977. — 435 с.
5. Санитарные нормы проектирования промышленных предприятий (СН—245—71)/ Приложение 4. Изд. Официальное. — М., Стройиздат, 1972. — 96 с.
6. Зайцев В.Н. Комплексобразующие кремнеземи: синтез, строение привитого слоя и химия поверхности. — Харьков: Фолио, 1997. — 240 с.
7. Кузьмин Н.М., Золотов Ю.А. Концентрирование следов элементов. — М.: Наука, 1988. — 267 с.
8. Мишуке А. М. Методы концентрирования микроэлементов в неорганическом анализе. — М.: Химия, 1986. — 151 с.
9. Зайцева Г.М., Рева Т.Д., Зайцев В.М., Калибачук В.О. Синтез та властивості кремнеземів з ковалентно закріпленими фосфінсульфідними групами // Укр.хім.журн. — 2001. — Т. 67, № 2. — С. 94—98.

10. Заявка на винахід № 20031110242, рішення про видачу патенту від 21.01.2004, МПКВ01J20/10/ Зайцев В.М., Алексеев С.О., Рева Т.Д., Зайцева Г.М., Гождзінський С.М. — Заявлено 13.11.2003.

11. Коростылев П.П. Приготовление растворов для химико-аналитических работ. — М.: Наука, 1974. — 399 с.

## **СОРБЦИОННО-ФОТОМЕТРИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИОНОВ ПЛЮМБУМА В БИОЛОГИЧЕСКИХ ЖИДКОСТЯХ**

Г.Н. Зайцева, Т.Д. Рева, В.А. Калибачук, С.М. Гождинский, О.Ю. Третьевич  
*Национальный медицинский университет имени А.А. Богомольца*

*В статье оценены физико-химические свойства 6-пропиламино-2-пиридин-дикарбоновой кислоты, ковалентно закрепленной на поверхности высокодисперсного оксида кремния (IV). Разработаны сорбционно-фотометрические методики определения ионов свинца в моче.*

**Ключевые слова:** модифицированный силиций (IV) оксид, сорбция, плумбум.

УДК 577.115.7

## DETERMINATION OF PHOSPHOLIPIDS AND PROTEIN CONTENT IN LIPID EXTRACT OBTAINED FROM THE ALCOHOL SOLUTION OF FOLLICULAR HEN EGGS

V. Bondareva, V. Mank, A. Miroshnikov

*National University of Food Technologies*

| Key words:                                                                                                                          | ABSTRACT                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Follicular egg</i><br><i>Whites</i><br><i>Thin layer</i><br><i>chromatography</i><br><i>Phospholipids</i><br><i>Total lipids</i> | The aim was to produce follicular eggs of hens by extraction with ethyl alcohol lipid the extract, followed by determining its composition of phospholipids, total lipids and proteins. The process of biological material preparation and receiving lipid extract consisted of three stages. The first step included treatment of follicular eggs according to the method of Cohn. The second stage was an extraction of follicular eggs of hens in ethanol and the resulting suspension. In the third stage, filtration of lipid suspension and the resulting protein-lipid extraction of follicular eggs of hens took place. Due to the preliminary preparation of biological material for extraction by switching between freezing and thawing of tissue and cooling the lipid extract in the total volume of sludge, such "minor" structures like proteins have been transferred. The supernatant fluid contained only neutral lipids: phosphatidylcholine and phosphatidylethanolamine. |
| Article history:                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Received 10.07.2014                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Received in revised form 20.07.2014                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Accepted 09.08.2014                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Corresponding author:                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| V. Bondarev                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| E-mail:                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| npuht@ukr.net                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |

## ВИЗНАЧЕННЯ ФОСФОЛІПІДІВ І БІЛКА В ЛІПІДНОМУ ЕКСТРАКТІ, ОТРИМАНОМУ ЗІ СПИРТОВОГО РОЗЧИНУ ФОЛІКУЛЯРНИХ ЯЄЦЬ КУРЕЙ

В.Й. Бондарєва, В.В. Манк, О.М. Мірошников

*Національний університет харчових технологій*

У статті досліджено процес отримання з фолікулярних яєць курей методом екстракції етиловим спиртом ліпідного екстракту з подальшим визначенням у його складі фосфоліпідів (ФЛ), загальних ліпідів (ЗЛ) і білків. Процес підготовки біологічного матеріалу й отримання ліпідного екстракту складався з трьох етапів. На першому етапі проводили обробку фолікулярних яєць відповідно до методу Кона. Другий етап передбачав проведення процесу екстрагування фолікулярних яєць курей в етанолі й отримання суспензії. На третьому етапі проводили фільтрацію ліпідної суспензії й отримання білково-ліпідного екстракту фолікулярних яєць курей. Завдяки попередній підготовці біологічного матеріалу до екстракції з використанням зміни режимів заморожування та розморожування тканин, а також охолодження ліпідного екстракту в осаді із

загального об'єму були переведені такі «мінорні» речовини, як білки. У надосадних рідинах залишилися лише нейтральні ліпіди, фосфатиділхолін і фосфатиділетаноламін.

**Ключові слова:** *фолікулярні яйця, білки, тонкошарова хроматографія, фосфоліпіди, загальні ліпіди.*

Відомо, що лецитин є важливою сировиною у харчовій, косметологічній промисловості та медицині. Найбільшим попитом користується соєвий лецитин, який має низьку комерційну ціну, але його біологічні властивості значно нижчі, ніж у лецитині, отриманому з курячих яєць, який має високі біологічно-активні характеристики, проте є дорогим харчовим продуктом. До того ж, білкова оболонка, яка оточує жовток у курячих яйцях, уповільнює проведення екстракції, що з технологічної точки зору не є прийнятним. Зважаючи на це, для отримання якісного лецитину було вирішено використати такий біологічний матеріал, як фолікулярні яйця курей. Ця сировина більш дешева порівняно з курячими яйцями. До того ж, відсутність білкової оболонки у фолікулярних яйцях значно спрощує проведення процесу екстракції для отримання фосфоліпідного комплексу.

При виконанні дослідження для визначення фосфоліпідів та аналізу білків у ліпідному екстракті фолікулярних яєць курей використовували спектрофотометричний метод кількісного визначення білків [1,3] і метод тонкошарової хроматографії [2].

Для проведення спектрофотометричного методу кількісного визначення білків у ліпідному екстракті біологічний матеріал оброблявся у три етапи. Перший етап містив зміну режимів заморожування та розморожування тканин, що призводило до розриву клітинних стінок ростучими кристалами льоду (метод Кона). Це призводило до дезінтеграції біологічного матеріалу з руйнуванням не тільки клітин, але й внутрішньоклітинних структур, що сприяє переходу розчинних речовин клітин яєць у позаклітинний простір.

Другим етапом був процес екстрагування фолікулярних яєць курей в етанолі (1:10). Цей органічний розчинник сприяє розриву білково-ліпідних зв'язків, що підвищує ступінь вивільнення білків з тканин [4, 5, 6]. Термін екстракції тривав три години, внаслідок чого отримано суспензію жовтків у спирті. На третьому етапі відбувалася фільтрація суспензії й отримання фільтрату — білково-ліпідного екстракту фолікулярних яєць курей.

Для подальшого визначення кількості білків у ліпідному екстракті спектрофотометричним методом брали 3 проби по 5 мл кожна.

Перша проба спиртового розчину жовтків зберігалася протягом 2 год при температурі  $-16^{\circ}\text{C}$ . Друга витримувалася 2 години при  $+9^{\circ}\text{C}$ , третя при  $+20^{\circ}\text{C}$ .

Через 2 год у пробах 1 та 2 спостерігалася утворення осадів. Шляхом центрифугування протягом 10 хвилин при 3000 об./хв у кожній пробі були отримані дві чітко відокремлені складові: надосадна рідина й осад. Осад у пробі 1 мав білу рихлу консистенцію, у пробі 2 — в'язку, жирну структуру. Надосадні рідини характеризувалися прозорим жовтим забарвленням. Ці рідини мікропіпеткою відокремлювали від осадів та отримували такі проби:

надосадна рідина — «1», осад — «1а», надосадна рідина — «2», осад — «2а», «в.р.» — вихідний розчин (проекстрагований і відфільтрований ліпідний екстракт жовтків). Для побудови калібрувального графіка, за допомогою якого визначався вміст білків, готували стандартні розчини альбуміну: № 1 (4 мг альбуміну розчинені у 2000 мкл H<sub>2</sub>O), № 2 (500 мкл розчину № 1 та 4500 мкл H<sub>2</sub>O), № 3 (500 мкл розчину № 1 та 2000 мкл H<sub>2</sub>O). З цих розчинів робили відповідні розведення (табл. 1). На спектрофотометрі Speacol при довжині хвилі  $\lambda = 660$  нм вимірювали їх оптичну густину білку та на підставі отриманих даних будували калібрувальний графік.

**Таблиця 1. Розведення альбуміну для побудови калібрувального графіка**

| Альбумін   | Контроль                | 2 мкг                                         | 4 мкг              | 6 мкг                                        | 8 мкг              | 10 мкг                                       | 15 мкг                                           | 20 мкг                                        |
|------------|-------------------------|-----------------------------------------------|--------------------|----------------------------------------------|--------------------|----------------------------------------------|--------------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| Розведення | 20 мкл H <sub>2</sub> O | 10 мкл розчину № 2 та 10 мкл H <sub>2</sub> O | 20 мкл розчину № 2 | 15 мкл розчину № 3 та 5 мкл H <sub>2</sub> O | 20 мкл розчину № 3 | 5 мкл розчину № 1 та 15 мкл H <sub>2</sub> O | 7,5 мкл розчину № 1 та 12,5 мкл H <sub>2</sub> O | 10 мкл розчину № 1 та 10 мкл H <sub>2</sub> O |

Для визначення наявності білків у розчинах альбуміну зроблені контрольні паралельні розведення білка (проба 1, проба 2) концентрацією 4 мкг, 8 мкг та 10 мкг, оптична густина яких перевірялась за калібрувальним графіком (табл.2).

**Таблиця 2. Значення оптичної густини контрольних розведень альбуміну**

| Альбумін, H <sub>2</sub> O          | Контроль | 4 мкг | 8 мкг | 10 мкг |
|-------------------------------------|----------|-------|-------|--------|
| Значення оптичної густини (1 проба) | 0,045    | 0,07  | 0,135 | 0,195  |
| Значення оптичної густини (2 проба) | 0,045    | 0,075 | 0,140 | 0,210  |

Для визначення кількості білка у вихідному розчині (ліпідному екстракті) та у надосадних рідинах з їх об'ємів відбирали по 20 мкл досліджуваних речовин та отримували наступні проби: в.р.1, в.р.2, 1.1, 1.2, 2.1, 2.2. Контроль — К.1, К.2 містив по 20 мкл H<sub>2</sub>O. Складові речовини в осадах (1а, 2а) та у надосадних рідинах (1, 2) визначалися методом тонкошарової хроматографії.

Для проведення експериментів з визначенням білків готували реактиви «А» — 2 % Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, 0,4 % NaOH, 0,16 % C<sub>4</sub>H<sub>4</sub>O<sub>6</sub>Na<sub>2</sub>·2H<sub>2</sub>O (тарtrat натрію), 1 % C<sub>12</sub>H<sub>25</sub>NaSO<sub>4</sub> (додecilсульфат натрію); «В» — 4 % CuSO<sub>4</sub>·5H<sub>2</sub>O; «С» — 100 частин реактиву «А» та 1 частина реактиву «В»; «Е» — реактив Фоліна. У всі ці проби додавали 980 мкл реактиву «С». Суміш ретельно перемішувалася та залишалася на 35 хвилин. Потім у проби додавали по 100 мкл розведеного реактиву Фоліна та залишали на 45 хвилин. За оптичною густиною отриманих розчинів розраховували концентрацію білків у них. Результати наведені в табл. 3.

**Таблиця 3. Концентрація білків у досліджуваних розчинах**

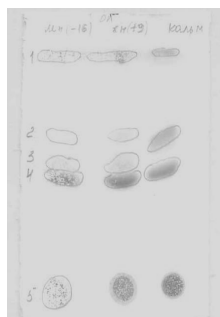
| Проби           | К1    | К2    | в.р.1 | в.р.2 | 1.1   | 1.2   | 2.1   | 2.2   |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Оптична густина | 0,045 | 0,045 | 0,120 | 0,120 | 0,090 | 0,090 | 0,095 | 0,095 |

Продовження табл. 3

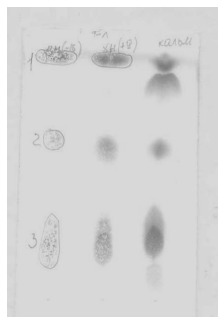
| Проби                  | K1    | K2 | в.р.1 | в.р.2 | 1.1   | 1.2 | 2.1   | 2.2 |
|------------------------|-------|----|-------|-------|-------|-----|-------|-----|
| Середнє значення       | 0,045 |    | 0,075 |       | 0,045 |     | 0,050 |     |
| Кількість білка, мг/мл |       |    | 0,41  |       | 0,24  |     | 0,25  |     |

Таким чином, у «в.р.» вміст білків складав 0,41 мг/мл, а в надосадних рідинах 0,24 та 0,25 мг/мл, що свідчить про зменшення вмісту білків у надосадних рідинах порівняно з вихідним екстрактом на 61 %.

Методом тонкошарової хроматографії визначали наявність у пробах загальних ліпідів (ЗЛ) і фосфоліпідів (ФЛ). Контрольною речовиною був препарат кальмофіл. Хроматограми надосадних рідин та осадів наведені на рис. 3, 4.



1. Ефіри холестерину і метилові ефіри жирних кислот.
2. Вільні жирні кислоти.
3. Тригліцериди.
4. Холестерин.
5. Фосфоліпіди.



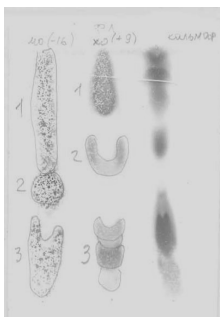
1. Нейтральні ліпіди.
2. Фосфатиділетаноламін.
3. Фосфатиділхолін.

А  
1 2 3

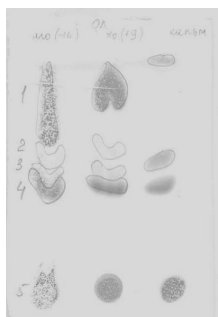
Б  
1 2 3

**Рис. 3.** Одномірні тонкошарові хроматографії загальних ліпідів (А) і фосфоліпідів (Б), екстрагованих з надосадних рідин спиртового екстракту фолікулярних яєць курей у системах розчинників I и II (1 — надосадна рідина проби № 1,  $t = -16^{\circ}\text{C}$ ; 2 — надосадна рідина проби № 2,  $t = +9^{\circ}\text{C}$ ; 3 — кальмофіл  $t = +20^{\circ}\text{C}$ )

Дані, отримані при проведенні одномірної тонкошарової хроматографії надосадних рідин, свідчать про наявність у їх складі таких речовин, як нейтральні ліпіди, фосфатиділетаноламін і фосфатиділхолін.



1. Ефіри холестерину і вуглеводороди.
2. Вільні жирні кислоти.
3. Тригліцериди і холестерин.



1. Ефіри холестерину і вуглеводороди.
2. Вільні жирні кислоти.
3. Сліди тригліцеридів.
4. Холестерин.
5. Фосфоліпіди.

А  
1 2 3

Б  
1 2 3

**Рис. 4.** Одномірні тонкошарові хроматографії фосфоліпідів (А) і загальних ліпідів (Б), екстрагованих з осадів спиртового екстракту фолікулярних яєць курей у системах розчинників I и II (позначення осадів ті ж, що й на рис.3)

Отримані дані свідчать про наявність в осадах таких речовин, як ефіри холестерину та вуглеводородів, вільних жирних кислот, тригліцеридів і фосфоліпідів.

### Висновки

При кількісному визначенні білків з фолікулярних яєць курей спектрофотометричним методом встановлено, що у «в.р.» вміст білків складав 0,41 мг/мл, а у надосадних рідинах 0,24 та 0,25 мг/мл. Це вказує на зменшення вмісту білків у надосадних рідинах порівняно з вихідним екстрактом на 61 %. Отримані дані свідчать про ефективність методу екстрагування фолікулярних яєць курей етиловим спиртом при переведенні значної кількості білків із загального об'єму в осад. З аналізу тонкошарових хроматограм фосфоліпідів у надосадних рідинах, отриманих при температурах  $-16^{\circ}\text{C}$  та  $+9^{\circ}\text{C}$ , визначена наявність таких речовин, як нейтральні ліпіди, фосфатиділетаноламін, фосфатиділхолін. Наявність цих речовин у розчинах свідчить про ефективність методу екстракції етиловим спиртом. При дослідженні загальних ліпідів у надосадних рідинах визначена наявність таких речовин: ефіри холестерину та метилові ефіри жирних кислот, вільні жирні кислоти, тригліцериди, холестерин, фосфоліпіди. Аналіз загальних ліпідів в осадах дозволив визначити такі речовини, як: ефіри холестерину та вуглеводородів, вільні жирні кислоти, тригліцериди, холестерин, фосфоліпіди. Завдяки попередній підготовці біологічного матеріалу до екстракції з використанням зміни режимів заморожування та розморожування тканин, а також охолодження ліпідного екстракту в осаді із загального об'єму були переведені такі «мінорні» речовини, як білки. У надосадних рідинах залишились лише нейтральні ліпіди, фосфатиділхолін і фосфатиділетаноламін.

### Література

1. Дамбре А. Химия белка / А. Дамбре. — М.: Мир, 1990.
2. Остерман Л.А. Хроматография белков и нуклеиновых кислот / Л.А. Остерман. — М.: Мир, 1985.
3. Скоупс Р. Методы очистки белков / Р. Скоупс. — М.: Мир, 1985.
4. Якубке Х.Д. Аминокислоты, пептиды и белки / Х.Д. Якубке, Х.М. Ешкайт. — М.: Мир, 1985.
5. Степанов А.Е., Краснопольская Ю.М., Швецов В.И. Физиологически активные липиды. — Москва: Наука, 1991.
6. Оои Т. Биополимеры / Т. Оои, Э. Онари; под. ред. Ю. Иманиси. — М.: Мир, 1988.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФОСФОЛИПИДОВ И БЕЛКА В ЛИПИДНОМ ЭКСТРАКТЕ, ПОЛУЧЕННОМ ИЗ СПИРТОВОГО РАСТВОРА ФОЛЛИКУЛЯРНЫХ ЯИЦ КУР

В.И. Бондарева, В.В. Манк, А.Н. Мирошников

Национальный университет пищевых технологий

*В статье исследован процесс получения из фолликулярных яиц кур методом экстракции этиловым спиртом липидного экстракта с последующим опреде-*

лением в его составе фосфолипидов (ФЛ), общих липидов (ОЛ) и белков. Процесс подготовки биологического материала и получение липидного экстракта состоял из трех этапов. На первом этапе проводили обработку фолликулярных яиц в соответствии с методом Кона. Вторым этапом был процесс экстрагирования фолликулярных яиц кур в этаноле и получение суспензии. На третьем этапе проводили фильтрацию липидной суспензии и получение белково-липидного экстракта фолликулярных яиц кур. Благодаря предварительной подготовке биологического материала к экстракции с использованием смены режимов замораживания и размораживания тканей, а также охлаждения липидного экстракта в осодок общего объема были переведены такие «минорные» вещества, как белки. В надосадочных жидкостях остались только нейтральные липиды, фосфатидилхолин и фосфатидилэтаноламин.

**Ключевые слова:** фолликулярные яйца, белки, тонкослойная хроматография, фосфолипиды, общие липиды.

УДК 613.9:664.5

## STUDY OF CHARACTERISTICS OF CARVONE OPTICAL ISOMERS (ENANTIOMERS) EXTRACTED FROM ESSENTIAL OILS

N. Frolova, O. Koliadych

National University of Food Technologies

---

|                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Key words:</b><br><i>Essential oil</i><br><i>Enantiomers</i><br><i>Carvone</i><br><i>Preparative chromatography</i><br><i>Optical activity</i> | <b>ABSTRACT</b><br>The article presents the study of extraction methods of pure Carvone isomers from essential oils of dill, caraway and Mentha spicata mint by preparative gas chromatography. They are classified according to the following parameters: falling into dR or lS optical range; value of rotation angle; sensory characteristics. The acquired data facilitate the use of expensive components of natural raw materials in different industries and enable to determine the authenticity of essential oils and receive reagents of high purity. |
| <b>Article history:</b><br>Received 04.07.2014<br>Received in revised form 18.07.2014<br>Accepted 30.07.2014                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| <b>Corresponding author:</b><br>N. Frolova<br><b>E-mail:</b><br>nef1956@mail.ru                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |

---

## ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ОПТИЧНИХ ІЗОМЕРІВ (ЕНАНТІОМЕРІВ) CARVONE ПІСЛЯ ВИДІЛЕННЯ З ЕФІРНИХ ОЛІЙ

Н.Е. Фролова, О.П. Колядич

Національний університет харчових технологій

У статті представлено дослідження способу виділення оптичних ізомерів Carvone в чистому вигляді з ефірних олій кропу, кмину, м'яти *Mentha spicata* препаративною газовою хроматографією і порівняння їх приналежності до «dR» або «lS» оптичного ряду, значення кута обертання, а також сенсорних характеристик. Отримані дані надають можливість розширити використання компонентів дорогої природної сировини у різних галузях промисловості, визначити справжність пропонованих на ринку ефірних олій, отримувати реактиви і стандарти високої чистоти.

**Ключові слова:** ефірна олія, енантіомери, Carvone, препаративна хроматографія, оптична активність.

Протягом останніх років здійснюється всебічне вивчення оптичних ізомерів органічних сполук. Головна причина такої зацікавленості зумовлена

важливою роллю, яку оптичні ізомери відіграють у функціонуванні живих систем і проявах біологічної активності [1].

Оптичні ізомери ще називають енантіомерами (дзеркальними ізомерами), оскільки вони характеризуються однаковою за величиною обертання площинною поляризації світла, але протилежною за знаком [3]. Часто енантіомери органічних сполук відрізняються запахом і біологічною активністю [1].

Вивчення властивостей енантіомерів, їх терапевтичного ефекту, рівня токсичності із залученням успішних розробок способів виділення речовин з високим відсотком чистоти (більше 99 %) методами препаративної газової і рідинної хроматографії [6,9] активізувалося з кінця 60-х років XX століття. Водночас, питання поділу енантіомерів і зараз викликає характерні труднощі [3,5,10].

Людина завжди пов'язувала свої уявлення про харчові продукти з їхнім смаком та ароматом. Міжнародний досвід вивчення структури оптично активних природних речовин накопичив значний експериментальний матеріал про зв'язок між ароматом і будовою молекули. [5].

У технологіях перероблення ефірних олій оптична ізомерія відіграє виняткову роль, оскільки енантіомери однієї речовини суттєво відрізняються між собою за тональністю аромату і його силою [8]. Слід зазначити, що до сьогодні не всі енантіомери ефірних олій ідентифіковані, будову деяких речовин удалося з'ясувати порівняно недавно, а їхні характеристики, в тому числі ароматичність, в літературі мають навіть протилежні значення [3,8].

Неоднозначність таких даних ускладнює використання енантіомерів для ароматизації харчових продуктів, в тому числі в технологіях сучасних комбінаційних ароматизаторів.

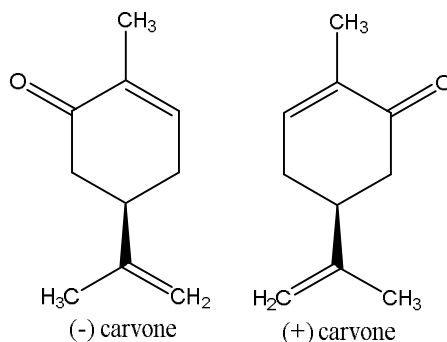


Рис. 1. Будова Carvone

Предметом досліджень обрано ароматичну речовину Carvone (карвон). Будову Carvone (рис.1) встановлено Е.С. Вагнером в 1894 році. Речовина може існувати у вигляді двох ізомерів «dR — (+)» і «lS — (-)» [2,6].

Значні кількості Carvone містять ефірні олії кмину (*Carum carvi*), кропу (*Anethum graveolens* L.), м'яти кучерявої (*Mentha spicata*) тощо [2,4]. При цьому в наукових оглядах наведено різну інформацію щодо характеристик Carvone в кропі та кмінні. Беручи до уваги дані медичних досліджень, за якими «dR — (+)» Carvone відносять до категорії токсичних речовин, тоді як «lS — (-)» Carvone — до речовин з потужним антимікробним ефектом [1,2], наші дослідження мають соціально-орієнтовану актуальність.

Метою наукового дослідження є дослідження способу виділення оптичних ізомерів Carvone в чистому вигляді з ефірних олій кропу, кмину, м'яти *Mentha spicata* зі ступенем чистоти не менше 99 % у кількості, достатній для їхньої ідентифікації й вивчення органолептичних і фізико-хімічних характеристик.

*Методи досліджень.* Газохроматографічний аналіз компонентного складу дослідних ефірних олій проводився на хроматографі «ХРОМ-41» (Чехія) на насадковій колонці за умовами, наведеними в табл.1.

**Таблиця 1. Умови хроматографічного аналізу Carvone ефірних олій**

| Параметри                   |                           | Значення               |
|-----------------------------|---------------------------|------------------------|
| Газ-носії                   |                           | азот                   |
| Нерухома фаза (НФ)          |                           | дінонілфталат          |
| Детектор                    |                           | полум'яно-іонізаційний |
| Температура, °C             | термостата колонки        |                        |
|                             | початкова                 | 100                    |
|                             | кінцева                   | 140                    |
|                             | швидкість нагріву за 1 хв | 6                      |
|                             | детектора                 | 150                    |
| Витрати см <sup>3</sup> /хв | інжектора                 | 200                    |
|                             | азоту                     | 33                     |
|                             | водню                     | 33                     |
|                             | повітря                   | 330                    |
| Об'єм проби, мкл            |                           | 0,2                    |

Для ідентифікації компонентів використовували табличні дані відносного часу утримування компонентів ефірних олій, отримані на нерухомій фазі (НФ) — дінонілфталат.

Визначення кількісного складу проводили методом внутрішньої нормалізації [7]. Для виділення енантіомерів Carvone з досліджуваних ефірних олій використовували препаративний хроматограф «Хром-31». На виході з колонки підключали збірник, до якого приєднували скляні вловлювачі, занурювали їх у охолоджуючу чашу з подрібненим льодом.

Для контролю чистоти зразків використано метод газотвердофазної хроматографії.

Сенсорний аналіз оптичних ізомерів Carvone проводився за загальноприйнятою методикою. Оптична активність енантіомерів Carvone встановлювалася за поляриметричним методом.

Оптичну чистоту (optical purity, *op*) розраховували за формулою 1:

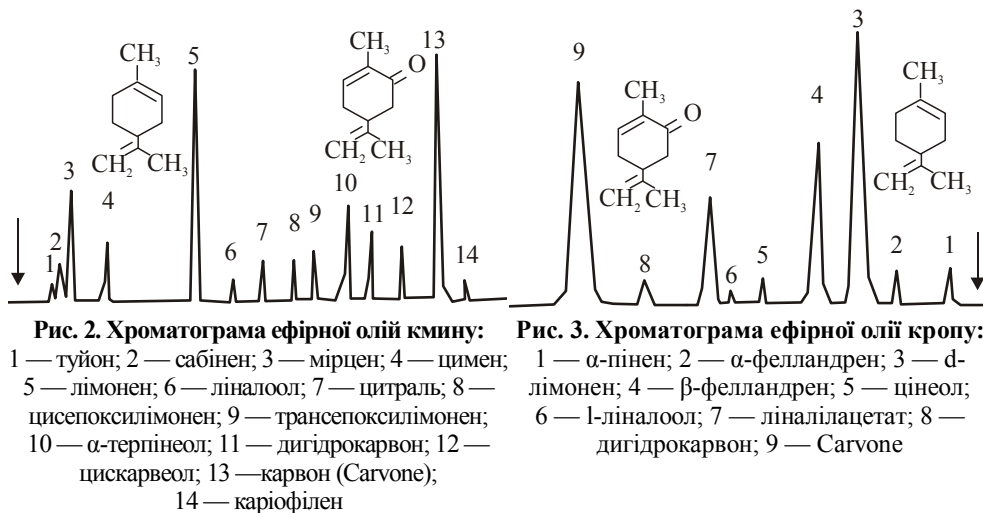
$$op = [\alpha]_{\text{досл}} / [\alpha]_{\text{станд}} \quad (1)$$

де  $[\alpha]_{\text{досл}}$  — питоме обертання площини поляризації для досліджуваної речовини;  $[\alpha]_{\text{станд}}$  — максимальне (абсолютне) питоме обертання площини поляризації світла енантіомерів.

Точність результатів забезпечувалася три- і п'ятикратною повторюваністю дослідів. Метрологічна оцінка газохроматографічних вимірювань здійснювалася системою оброблення результатів моделі *МХ-Е «Х'юлетт-Паккард» (США)*.

Результати і обговорення. У наукових дослідженнях використано ефірні олії м'яту, кропу, м'яти *Mentha spicata*. Це промислові ефірні олії вітчизняного виробництва.

На рис. 2, 3, 4 наведено хроматограми досліджуваних ефірних олій на насадковій колонці з нерухомою фазою 20 % дінонілфталатом.



В ефірній олії м'яту Carvone є основним ключовим компонентом, кількість якого становить 50...62 % з характерним тинним ароматом, а також спостерігається високий вміст лімонену (39...41 %) з ароматом лимона.

Ефірна олія кропу також містить значну кількість Carvone. У наших дослідженнях використано ефірну олію з вмістом Carvone 31 %.

В ефірній олії м'яти *Mentha spicata* знаходиться значна кількість Carvone — більше 70 %. У цілому вміст Carvone в цій рослині може коливатися від 67,57 % (передгірський Крим) до 72 % (рівнинний Крим) [4], за іншими джерелами до 82 % [1].

Виділення енантіомерів Carvone здійснювалося високоефективною препаративною хроматографією з адаптацією умов до мети дослідження. Завдання полягало не тільки у практичному виділенні енантіомерів Carvone з ефірних олій, а й у їх концентруванні й очищенні. Максимальне виділення та збір енантіомерів Carvone забезпечувала самостійно виготовлена препаративна колонка високої продуктивності. За основу взято колонку діаметром 10 мм і довжиною 5 м. Відповідно до розмірів термостата хроматографа колонці надали спіральну форму.

Проаналізувавши властивості п'яти товарних типів діатомітових носіїв фірми «Johns Manville» (США) — A,G,P,W,T, в дослідженнях використано твердий носій (ТН) Хромосорб А (велика ємність, значна механічна міцність, адсорбційна і каталітична інертність до терпенів) [3].

За системою Nawkes'a [5] було обрано ПЕГ — 6000. Вибір нерухомої фази (НФ) базувався на даних компонентного складу ефірних олій і селективності щодо Carvone. НФ ПЕГ — 6000 характеризується селективністю до терпенів, високою стійкістю до окислення і високих температур.

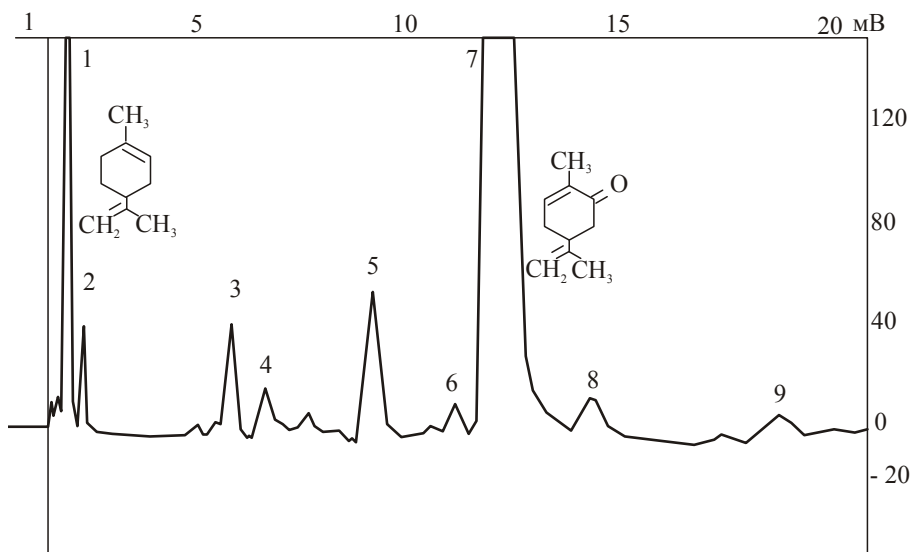


Рис. 4. Хроматограма ефірної олії м'яти *Mentha spicata*

Серією експериментів встановлено вплив кількості ТН, на ефективність колонки (кількість теоретичних тарілок  $N$ , по лімонену) і тривалість поділу  $\tau$  (табл. 2). Експеримент проводили на колонці діаметром 10 мм з 20 % ПЕГ — 6000. Швидкість газу-носія встановлювалася в межах 100 см<sup>3</sup>/хв. Обсяг проби — 500 мкл.

Таблиця 2. Вплив розміру часток ТН на ефективність колонки

| Дослід | Кількість ТН у секціях, мас % |       |       | $\tau$ , год | $N$ , т.т. |
|--------|-------------------------------|-------|-------|--------------|------------|
|        | перша                         | друга | третя |              |            |
| 1      | 20                            | 15    | 65    | 2            | 580        |
| 2      | 15                            | 25    | 60    | 1,33         | 525        |
| 3      | 20                            | 30    | 50    | 1,77         | 525        |

За результатами досліджень було зроблено важливий висновок, що ТН при виготовленні колонки раціонально поділяти на три секції: перша секція — 2,0 ... 3,0 мм; друга — 1,0 ... 2,0 мм; третя — 0,56 ... 1,0 мм. Зокрема найбільший розмір зерен має секція поряд з випарником, що сприяє зниженню опору потоку на початку колонки. Третя секція з найменшим розміром зерен забезпечує необхідну ефективність розділення.

Таблиця 3. Вплив концентрації НФ на ефективність і тривалість розділення

| Дослід | Кількість НФ у секціях, мас % |       |       |          | $\tau$ , год | $N$ , т.т. |
|--------|-------------------------------|-------|-------|----------|--------------|------------|
|        | перша                         | друга | третя | четверта |              |            |
| 1      | 20                            | 20    | 20    | 20       | 1,77         | 432        |
| 2      | 15                            | 20    | 24    | 25       | 1,33         | 515        |
| 3      | 25                            | 20    | 17    | 15       | 1,33         | 349        |

В аналітичній газовій хроматографії НФ наноситься на ТН тонким шаром в межах 15...20 % відносно маси останнього. У препаративній хроматографії

використовують товстий шар НФ, наприклад, 20 % і більше [5], тобто нехтують високою ефективністю поділу на користь збільшення продуктивності колонки.

Кількість НФ відносно ТН змінювали у межах 15...25 %, ефективність визначали за кількістю теоретичних тарілок  $N$  по лімонену й тривалістю розділення  $\tau$  (табл. 3).

Проведені дослідження дозволили сформуванню ще один суттєвий висновок, а саме: збільшити ємність колонки без її перевантаження можна за рахунок градієнтного зменшення концентрації НФ вздовж колонки, починаючи з введення зразка. Високий вміст НФ на початковій ділянці колонки забезпечить повне розчинення введеного зразка.

Схема градієнтної препаративної колонки представлена на рис. 5.

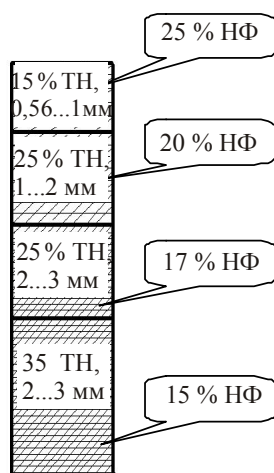


Рис. 5. Схема препаративної градієнтної колонки

Визначення оптимальних умов препаративного виділення енантіомерів Carvone проводили з використанням детектора з теплопровідності. Газ-носіє — азот. За отриманою математичною залежністю встановлено, що при подачі азоту зі швидкістю 85...90 см<sup>3</sup>/хв число теоретичних тарілок  $N$  по лімонену досягає значення 580 т.т.

При визначенні температурних режимів враховували значення температур кипіння Carvone, а також максимально допустимі робочі значення температур для НФ ПЕГ — 6000. У дослідженнях використано програмування температур термостата колонки в межах 70...230 °С з інтервалом нагріву 5 °С. Такі рішення дозволили підвищити ефективність колонки до 590 т.т.

Проведені дослідження сформували ефективні параметри хроматографічного поділу ефірних масел і препаративного виділення енантіомерів Carvone (табл.4).

Таблиця 4. Умови препаративного поділу ефірних олій і виділення енантіомерів Carvone

| Параметри                                        |                    | Значення  |
|--------------------------------------------------|--------------------|-----------|
| Швидкість потоку газу-носія, см <sup>3</sup> /хв |                    | 85        |
| Температура, °С                                  | випарника          | 250       |
|                                                  | термостата колонки | 120...200 |
|                                                  | збірника фракцій   | 250       |
|                                                  | детектора          | 250       |
|                                                  | посудина Дьюара    | -20...-15 |
| Об'єм проби, см <sup>3</sup>                     |                    | 0,8       |

Після виходу на робочий режим препаративного хроматографа вводили пробу ефірної олії об'ємом 0,8 см<sup>3</sup>. При появі на хроматограмі початку піку Carvone відкривали краном вхід у спеціальні скляні вловлювачі. Збір продовжували до кінця формування піку на хроматограмі. Для запобігання втрат на стадії вловлювання використовували посудину Дьюара, наповнений сухим

льодом для забезпечення температури 15...20 °С. Повнота збору енантімерів Carvone для всіх серій дослідів становила 82,5...89,0 %. При цьому досягається одночасне концентрування зразків.

Нами досліджувалася чистота складу виділених енантімерів Carvone. Використовували методику газотвердофазної хроматографії із залученням самостійно виготовленої хроматографічної колонки довжиною 3500 мм, діаметром 3 мм, НФ — D-маніт, твердий носій — хромосорб W 80—100 меш (1,5 мм / 2 м).

За методикою [7], піки на хроматограмах ідентифікували як Carvone. Чистота виділених Carvone з ефірної олії кмину, кропу становила 99,3 % і 99,5 % відповідно, з ефірної олії м'яти *Mentha spicata* — 99,1 %, що підтверджує високий рівень їх чистоти.

Сенсорний аналіз зразків енантімерів Carvone засвідчив відмінність ароматичних характеристик навіть одного оптичного ряду, але з різних ефірних олій (табл.5).

Таблиця 5. Органолептична оцінка Carvone, виділених з ефірних олій

| № п/п | Ефірні олії                    | Зовнішній вигляд, колір               | Смак                | Аромат                        |
|-------|--------------------------------|---------------------------------------|---------------------|-------------------------------|
| 1     | Кропу                          | Прозора рідина жовтого кольору        | Гіркуватий, пекучий | Свіжої зелені кропу           |
| 2     | Кмину                          | Прозора рідина жовтого кольору        | Пекучий             | Різкий насіння кмину          |
| 3     | М'яти<br><i>Mentha spicata</i> | Прозора рідина гарячо-жовтого кольору | Пекучий, гіркуватий | Кминовий з ментоловими тонами |

Оптична активність енантімерів Carvone встановлювалася за здатністю обертати площину поляризації світла на певні кути, у визначених напрямках. Енантімерна (оптична) чистота — це кількість основного енантімеру, виражена у відсотках, яка розраховувалася за формулою 1. Результати наведено в табл. 6.

Таблиця 6. Оптична активність енантімерів Carvone ефірних олій кропу, кмину, м'яти *Mentha spicata*

| Ароматичний компонент                                               | Питоме обертання площини поляризації |                            | Оптична (енантімерна) чистота |
|---------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|-------------------------------|
|                                                                     | Стандарт                             | Досліджуванний зразок      |                               |
| d (R) — Carvone кропу (правообертаюча форма)                        | + 61                                 | $[\alpha]_D + 62,5 + 0,05$ | 100 %                         |
| d (R) — Carvone кмину (правообертаюча форма)                        | + 61                                 | $[\alpha]_D + 61 + 0,03$   | 99,2 %                        |
| l (S) — Carvone м'яти <i>Mentha spicata</i> , (лівообертаюча форма) | – 62                                 | $[\alpha]_D - 63,2 + 0,05$ | 99,6 %                        |

Проведені дослідження довели наявність в ефірних оліях кропу і кмину енантімерів Carvone «d (R)» оптичного ряду з високим рівнем енантімерної (оптичної) чистоти. В ефірних олій м'яти *Mentha spicata* знаходиться l (S) енантімер Carvone.

## Висновки

Проведені дослідження показали ефективність препаративної газової хроматографії для виділенням енантіомерів (оптичних ізомерів) Carvone високого рівня чистоти з ефірних олій кропу, кмину, м'яти *Mentha spicata*. З ефірної олії кмину, кропу чистота виділеного Carvone становила 99,3 % і 99,5 % відповідно, з ефірної олії м'яти *Mentha spicata* — 99,1 %.

До складу кропу й кмину входить d (R) — Carvone (правообертаюча форма, з питомим обертанням площини поляризації  $[\alpha]_D +62,5+0,05$ ;  $[\alpha]_D +61 +0,03$  відповідно, в ефірній олії м'яти *Mentha spicata* міститься l (S) — карвон (лівообертаюча форма) з питомим обертанням площини поляризації  $[\alpha]_D -63,2+0,05$ . d (R) (+) — Carvone кропу, має пряний аромат свіжого кропу, d(R) (+) кмину має різкий кминний аромат. Лагідним прямим ароматом з м'ятний відтінком пахне l (S) — Carvone м'яти *Mentha spicata*.

Результати досліджень є цікавими для науковців різних галузей промисловості, розробників натуральних композиційних ароматизаторів і продукції парфумерно-косметичної промисловості, фармакологічних засобів, дозволять визначити справжність пропонованих на ринку ефірних олій, отримувати реактиви, стандарти високої чистоти.

## Література

1. Бабушкіна А.В. Оптически чистые соединения — ключ к будущему / А.В. Бабушкіна // Український медичний часопис. — 2009. — № 5. — С. 73.
2. Бачериков В.А. Карвон // Науковий вісник міжнародного гуманітарного університету. — 2011. — № 2. — С. 62—66.
3. Даванков В.А. Сто лет хроматографии / В.А. Даванков, Я.И. Яшин // Вестник российской академии наук. — 2003. — Т. 73, № 7. — С. 637—656.
4. Куртсеитова Э.Э. Морфологические особенности дикорастущих форм Мята предгорной части Крыма / Э.Э. Куртсеитова // Ученые записки крымского инженерно-педагогического университета. — 2010. — С. 33—38.
5. Лейбница Э. Руководство по газовой хроматографии. — Т. 1, 2 / Э. Лейбница, Х.Г. Штруппе; пер. с нем. В.В. Соболя. — М.: Мир, 1998. — 509 с.
6. Смирнова И.Г. Оптическая изомерия и биологическая активность лекарственных средств / И.Г. Смирнова, Г.Н. Гильдеева, В.Г. Кукуес // Вестник Московского университета. — 2012. — Т. 53, № 3. — С. 147—156.
7. Фролова Н.Е. Розроблення високоефективних методик газохроматографічного аналізу / Н.Е. Фролова, В.О. Усенко, Н.В. Чепель, К.В. Жук // Наукові праці НУХТ. — 2002. — № 13. — С. 60—64.
8. Andersson S. Preparative chiral chromatography and chiroptical characterization of enantiomers of omeprazole and related benzimidazoles / S. Andersson, H. Nelander, K. Ohlén // Chirality. — 2007. № 19. — P. 706—715.
9. Nelander H. Evaluation of the chiral recognition properties as well as the column performance of four chiral stationary phases based on cellulose (3,5-dimethylphenylcarbamate) by parallel HPLC and SFC / H. Nelander, S. Andersson, K. Ohlén // J Chromatogr A. — 2011. — № 30, 1218(52). — P. 405—410.
10. Zuo H. L. Separation of cis- and trans-Asarone from Acorus tatarinowii by Preparative Gas Chromatography // Zuo H. L., Yang F. Q., Zhang X. M., Xia Z. N. // Journal of Analytical Methods in Chemistry. — 2011. — № 1 (14). — С. 63—65.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ОПТИЧЕСКИХ ИЗОМЕРОВ (ЭНАНТИОМЕРОВ) CARVONE ПОСЛЕ ВЫДЕЛЕНИЯ С ЭФИРНЫХ МАСЕЛ**

**Н.Э. Фролова, А.П. Колядич**

*Национальный университет пищевых технологий*

*В статье представлены исследования способа выделения оптических изомеров Carvone в чистом виде с эфирных масел укропа, кмина, мяты *Mentha spicata* препаративной газовой хроматографией и сравнение принадлежности к «dR» или «lS» оптического ряда, значения угла поворота, а также сенсорных характеристик. Полученные данные распространяют использование компонентов дорогого природного сырья в различных отраслях промышленности, позволяют определить подлинность предлагаемых на рынке эфирных масел, получать реактивы и стандарты высокой чистоты.*

**Ключевые слова:** эфирное масло, энантиомеры, Carvone, препаративная хроматография, оптическая активность.

УДК 663.14

## AQUEOUS-ALCOHOLIC SOLUTIONS PURIFICATION OF HIGHER ALCOHOLS USING MINERAL ADSORBENTS

V. Marynchenko, L. Marynchenko

National University of Food Technologies

O. Fil

National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute"

---

**Key words:**

*Hydroalcoholic solutions  
Higher alcohols  
Mineral adsorbents:  
shungite and palygorskite*

**Article history:**

Received 09.07.2014

Received in revised form  
20.07.2014

Accepted 08.08.2014

---

**Corresponding author:**

V. Marynchenko

**E-mail:**

npnuht@ukr.net

---

**ABSTRACT**

The paper experimentally proved the feasibility of using mineral adsorbents in alcoholic beverage production technology in order to improve product quality and reduce the cost. The optimum parameters of processing water-alcohol solutions by shungite and palygorskite for adsorption of higher alcohols were determined. In general, it is proposed to use shungit for water-alcohol solutions purification in concentration of 40 % vol.; processing time should be 40 minutes.

## ОЧИЩЕННЯ ВОДНО-СПИРТОВИХ РОЗЧИНІВ ВІД ВИЩИХ СПИРТІВ МІНЕРАЛЬНИМИ АДСОРБЕНТАМИ

В.О. Маринченко, Л.В. Маринченко

Національний університет харчових технологій

О.В. Філь

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»

У статті експериментально обґрунтовано доцільність використання мінеральних адсорбентів у технології лікєро-горілочного виробництва з метою покращання якості готової продукції та її здешевлення. Встановлено оптимальні параметри обробки шунгітом і палігорськітом водно-спиртових розчинів для адсорбції вищих спиртів. У загальному випадку запропоновано застосовувати шунгіт для очищення водно-спиртових розчинів концентрацією 40 % об., тривалість обробки має становити 40 хв.

**Ключові слова:** водно-спиртові розчини, вищі спирти, мінеральні адсорбенти: шунгіт, палігорськіт.

У складі багатьох напоїв (лікєро-горілочаних, виноробних тощо) використовують спирт етиловий ректифікований, який завжди містить леткі

домішки, що негативно впливають на дегустаційні показники напоїв на його основі. З іншого боку, в процесі розвитку технології спирту метою її удосконалення є збільшення виходу спирту, а також зменшення витрат вуглеводів на утворення побічних продуктів бродіння [1, 2]. Отже, в нашому менталітеті оцінки якості алкогольних напоїв цінується чистота смаку лікero-горілчаних напоїв, яку також пов'язують з меншою шкодою побічних домішок у спирті для здоров'я.

Серед таких домішок значне місце займають вищі спирти, які утворюються під час зброджування суслу з амінокислот і вуглеводів у процесі метаболізму дріжджів і виділяються в процесі брагоректифікації.

Основними вищими спиртами є: н-пропанол, ізопропанол, ізобутанол, ізоамілол, н-бутанол і н-пентанол (останні 2 компоненти наявні рідше). В спирті етиловому ректифікованому масова концентрація вищих спиртів регламентується державним стандартом ДСТУ 4221:2003, яким передбачено обмеження концентрації сивушного масла в перерахунку на суміш н-пропанолу, ізобутанолу та ізоамілолу (3:1:1): не більше, ніж 3,0—10,0 мг/дм<sup>3</sup> безводного спирту; а в перерахунку на суміш ізоамілолу та ізобутанолу: не більше, ніж 2,0—4,0 мг/дм<sup>3</sup> безводного спирту, залежно від сорту спирту [2].

Однак різні вищі спирти неоднаково впливають на якість напоїв. За даними [3], н-пропанол, н-бутанол і н-пентанол є небажаними навіть за дуже низьких концентрацій, оскільки відчуються органолептично, надаючи неприємного смаку напою. Крім того, в процесі оброблення водно-спиртових сумішей активним вугіллям н-пропанол сорбується не більше, ніж на 30 %, а вміст н-бутанолу та н-пентанолу майже не змінюється. Натомість, ізопропанол в концентрації близько 2,0 мг/дм<sup>3</sup>, ізобутанол та ізоамілол в концентрації до 0,5 мг/дм<sup>3</sup> позитивно впливають на смакові якості спирту, пом'якшуючи і навіть маскуючи різкість смаку, спричинену іншими компонентами. Якщо вміст цих компонентів більший, то в процесі виготовлення напоїв зменшити його обробкою активним вугіллям практично не вдається, а сивушний запах і пекучий смак погіршують дегустаційні показники. Крім того, при сильному окисленні ізопропанол розпадається, утворюючи ацетон, що є неприпустимим.

На цей час найбільш поширеним способом очищення водно-спиртових розчинів у лікero-горілчаному виробництві є використання активного вугілля, яке адсорбує легкі домішки спирту. Недоліком цього процесу є недостатня ефективність адсорбції вищих спиртів, а також каталіз небажаних реакцій окислення й етерифікації. Крім того, активне вугілля в Україні не виробляють, а його ціна позначається на собівартості кінцевого продукту.

Зважаючи на це, актуальним завданням є максимальне видалення вищих спиртів на наступних стадіях приготування напоїв, зокрема сорбційними методами.

Науково-виробничі лабораторії ведуть активний пошук нових доступних мінеральних адсорбентів, які здатні зменшити кількість побічних домішок у водно-спиртових розчинах у процесі виготовлення лікero-горілчаних напоїв. Одним із таких перспективних адсорбентів може бути шунгіт [4, 5], застосування якого показало позитивний результат для зменшення концентрації вищих спиртів у водно-спиртових розчинах [6].

Мета: дослідження ефективності адсорбції мінеральними адсорбентами шунгітом і палигорськітом [3, 4, 5] вищих спиртів із спирту етилового ректифікованого та водно-спиртових розчинів різної концентрації, встановлення можливості їх використання в лікero-горілчаному виробництві із заміною ними повністю або частково активного вугілля.

Шунгітові породи є природними матеріалами, що мають у своєму складі вуглеводи та макро- і мікроелементи. Мінеральні компоненти характеризуються дрібнодисперсним розподіленням у вигляді кристалів, шаруватих включень і нанокристалів у шунгітовому вугледоді. Саме сумарний ефект наявності вугледоду і мінеральних компонентів забезпечує унікальне поєднання фізико-хімічних властивостей порід шунгіту, що визначає перспективи їх практичного використання в харчовій промисловості як адсорбенту.

Палигорськіт являє собою водневий алюмосилікат магнію. Після висушування за температури 110—120 °С він має високу ефективну питому поверхню — 915 м<sup>2</sup>/г. Адсорбційні властивості палигорськіту підвищуються внаслідок звільнення каналів від зв'язаної води і збільшення ефективної поверхні. Найбільші поклади палигорськіту в Україні зосереджені в Черкаському родовищі. Завдяки своєрідності кристалічної будови, формам і розмірам кристалів палигорськіт виявився надзвичайно стійким до різноманітних агресивних середовищ, що робить його корисним для використання в лікero-горілчаному виробництві [7, 8].

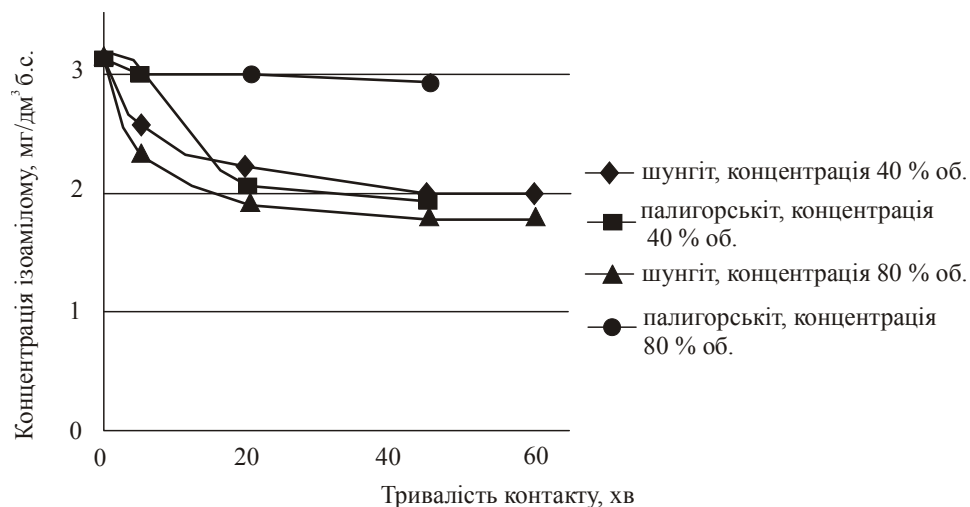
Нами проведено дослідження з очищення спирту етилового ректифікованого Екстра (96,3 % об.) та водно-спиртових розчинів концентрацією 40 та 80 об.% за допомогою мінеральних адсорбентів шунгіт і палигорськіт дисперсністю 2,0—3,0 мм. Тривалість контакту адсорбентів з водно-спиртовими розчинами становила 5, 20, 45 і 60 хв. Температура — від 20 до 25 °С. Для проведення дослідів використовували лабораторну установку, основним робочим елементом якої була вертикальна колонка, заповнена адсорбентом. Установка працювала в динамічних умовах.

Вміст домішок визначали методом газової хроматографії на хроматографі «AgilentHP-6890».

Встановлення оптимальної швидкості пропускання та часу контакту водно-спиртового розчину й мінерального адсорбенту визначали за зменшенням вмісту ізоамілолу (рис.1), концентрація якого у вихідному спирті етиловому ректифікованому становила 3,13 мг/дм<sup>3</sup> безводного спирту.

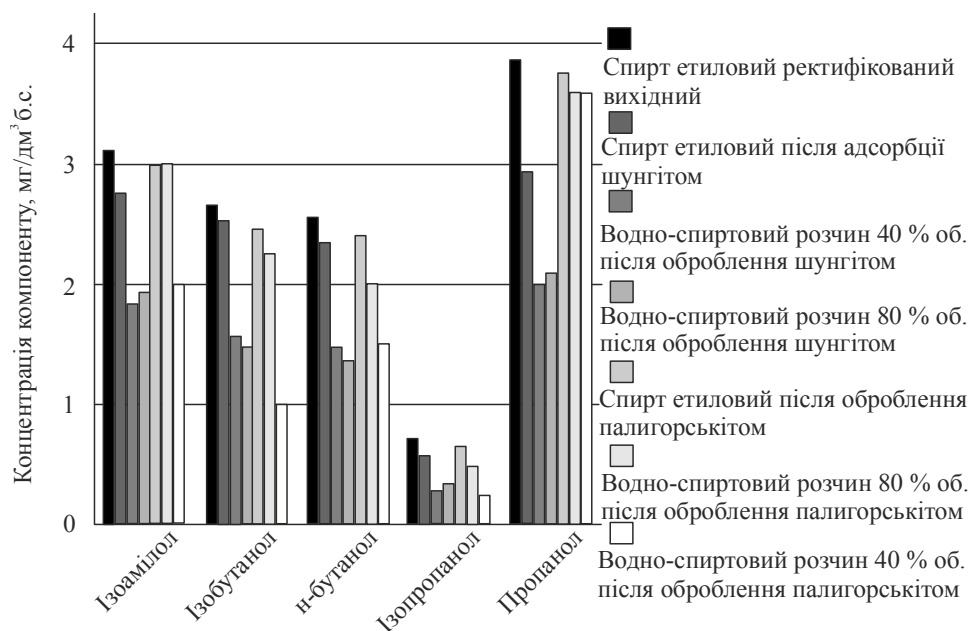
Згідно з експериментальними даними, ізоамілол із водно-спиртових розчинів видаляється до значень менше 2,0 мг/дм<sup>3</sup> б.с. за тривалості контакту з шунгітом 45 хв. Подальше збільшення тривалості контакту не призводило до покращання. Слід зазначити, що за концентрації водно-спиртового розчину 80 % об. за цей час видаляється більше ізоамілолу (42,2 %), ніж за концентрації 40 об. % (38,9 %).

Що стосується адсорбції палигорськітом, то динаміка видалення ізоамілолу була гіршою, ніж динаміка адсорбції шунгітом, а збільшення тривалості контакту мінерального сорбенту з водно-спиртовим розчином концентрацією 40 % об. від 20 до 45 хв суттєво не покращувало результат адсорбції. За концентрації водно-спиртового розчину 80 % об. адсорбція практично не відбувалась.



**Рис.1. Динаміка адсорбції ізоамілолу шунгітом і палигорськітом за різних концентрацій водно-спиртових розчинів**

Такі ж досліді проведено з визначення адсорбції шунгітом і палигорськітом інших сивушних компонентів: ізобутанолу, н-бутанолу, ізопропанолу та н-пропанолу — в динамічному режимі за тривалості контакту 45 хв (рис.2).



**Рис.2. Зміна концентрації вищих спиртів у водно-спиртових розчинах різної концентрації після оброблення їх мінеральними адсорбентами**

З гістограми видно, що адсорбцію мінеральними адсорбентами доцільніше проводити з водно-спиртових розчинів, ніж зі спирту етилового ректи-

фікованого, причому дані адсорбції з розчину концентрацією 40 % об. майже в усіх випадках кращі щодо зниження концентрації вищих спиртів, ніж із розчину концентрацією 80 % об.

Вибір адсорбенту залежить від того, яка домішка є визначальною. Так, ізоамілол адсорбувався шунгітом і палигорськітом майже однаково (на 38,9 і 37,3 %) із водно-спиртового розчину концентрацією 40 об.%, ізобутанол за тих самих умов адсорбувався шунгітом на 45,3 %, палигорськітом — на 61,7 %. Ізопропанол також краще адсорбувався палигорськітом, хоча його вихідна концентрація у вихідному спирті згідно з даними [3] не становила проблеми.

Серед однозначно небажаних домішок у будь-яких концентраціях н-пропанол і н-бутанол найкраще адсорбувались шунгітом — більше, ніж на 45 %.

Отже, в загальному випадку як мінеральний адсорбент для адсорбції вищих спиртів доцільніше обирати шунгіт. Слід зазначити, що використання тільки досліджуваних мінеральних адсорбентів не вирішує повністю проблеми видалення вищих спиртів з водно-спиртових розчинів до прийнятних значень, що не погіршуватимуть дегустаційної оцінки лікорогорілчаних напоїв, але в загальній схемі очищення бортівки може значно скоротити витрати на активне вугілля.

### Висновки

Вимоги до якості лікорогорілчаних напоїв з точки зору дегустаційної оцінки весь час підвищуються, зокрема і щодо концентрації вищих спиртів. Зважаючи на економічну привабливість мінеральних адсорбентів порівняно з активним вугіллям, встановлено технологічну доцільність використання шунгіту і палигорськіту в загальній схемі очищення водно-спиртових розчинів від вищих спиртів: ізоамілового, ізобутилового, н-бутилового, ізопропілового та н-пропілового.

Адсорбцію мінеральними адсорбентами більш доцільно проводити з водно-спиртових розчинів концентрацією 40 % об., ніж зі спирту етилового ректифікованого або водно-спиртового розчину концентрацією 80 % об. Визначено, що вибір адсорбенту залежить від визначальної домішки, яку необхідно видалити, але для адсорбції вищих спиртів як мінеральний адсорбент варто обирати шунгіт, тривалість контакту з яким має становити 45 хв.

Подальші дослідження будуть спрямовані на удосконалення апаратурно-технологічних схем установок для очищення сортівок у технології лікорогорілчаних напоїв з використанням мінеральних адсорбентів.

### Література

1. *Технологія спирту*: підручник для студентів вищих навчальних закладів / В.О. Маринченко, В.А. Домарецький, П.Л. Шиян та ін. // Під ред. проф. В.О. Маринченка. — Вінниця: Поділля, 2003. — С. 171—186.
2. ДСТУ 4221—2003. Спирт етиловий ректифікований. Технічні умови. — К.: Держспоживстандарт, 2004. — 13 с.
3. Кравчук З. Мікродомішки етилового спирту. Як вони впливають на якість горілчаних виробів / З.Кравчук, Т. Татарінова, А.Кравчук // Харчова і переробна промисловість. — 2010. — № 4. — С. 20—22.

4. Калинин Ю.К. Шунгиты — новое углеродистое сырье / Ю.К. Калинин, С.В. Купрянов, В.В. Ковалевский. — Петрозаводск: Карелия, 1984. — 182 с.

5. Ковалевский В.В. Шунгитовые породы — кристаллогенез и нанотехнологии // Минералогия, петрология и минерагения докембрийских комплексов Карелии. Материалы юбилейной научной сессии. — Петрозаводск: КарНЦРАН. — С.35—36; С. 335—339.

6. Турчун О.В. Використання нетрадиційного сорбенту для зміни концентрації вищих спиртів у сортівці / О.В. Турчун, Н.А. Нагурна, В.О. Маринченко // Хімія харчових продуктів і матеріалів. Нові види сировини. — 2012. — № 3. — С. 47—49.

7. Палигорський для виноробної промисловості. Технічні умови. ГОСТ 30233—95. — [Чинний від 1996-10-01]. — К.: Держстандарт України, 1996. — 13 с.

8. Ковалев Н.Н. Дисперсные материалы в виноделии. — К.: Преса України, 2006. — 142 с.

## **ОЧИСТКА ВОДНО-СПИРТОВЫХ РАСТВОРОВ ОТ ВЫСШИХ СПИРТОВ МИНЕРАЛЬНЫМИ АДСОРБЕНТАМИ**

**В.А. Маринченко, Л.В. Маринченко**

*Национальный университет пищевых технологий*

**О.В. Филь**

*Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт»*

*В статье экспериментально обоснована целесообразность использования минеральных адсорбентов в технологии ликеро-водочного производства с целью улучшения качества готовой продукции и ее удешевления. Установлены оптимальные параметры обработки шунгитом и палигорским водно-спиртовых растворов для адсорбции высших спиртов. В общем случае предложено использовать шунгит для очистки водно-спиртовых растворов концентрацией 40 % об., время обработки должно составлять 40 мин.*

**Ключевые слова:** водно-спиртовые растворы, высшие спирты, минеральные адсорбенты: шунгит, палигорскит.

## NANOTECHNOLOGIES: HYDROGENIZED FATS FOR CONFECTIONERY COMPOSITIONS

N. Osejko, E. Golodna

*National university of Food Technologies*

---

**Key words:**

*Nanotechnologies  
Hydrogenation  
Catalyst  
Sunflower-seed oil  
Confectionery fats and  
compositions  
Physical and chemical  
features*

---

**Article history:**

Received 18.07.2014  
Received in revised form  
02.08.2014  
Accepted 10.08.2014

---

**Corresponding author:**

N. Osejko  
**E-mail:**  
nikios@ukr.net

---

---

**ABSTRACT**

The article considers the hydrogenation of oil and fat raw material, as well as confectionery formulations. As a result of analytical consideration of scientific and technical sources, the necessity of improving confectionery fats and formulations was determined. The physical and chemical indexes of feedstock and final products were defined by the standard methods. The results of experimental researches of indexes of sunflower oil and its products are shown. P8 and N0 catalyst consumption is 1,0...1,1 kg/t, hydrogen consumption is 27...52 nm<sup>3</sup>/t. The confectionery fat, suitable for confectionery formulations with rational melt temperature and hardness (consistency) was produced.

## НАНОТЕХНОЛОГІЇ: ГІДРОВАНІ ЖИРИ ДЛЯ КОНДИТЕРСЬКИХ КОМПОЗИЦІЙ

М.І. Осейко, О.В. Голодна

*Національний університет харчових технологій*

*У статті досліджено гідрування олієжирової сировини (олій) і кондитерських композицій. У результаті аналітичного розгляду науково-технічних джерел виявлено необхідність удосконалення кондитерських жирів і композицій. Фізико-хімічні показники вихідної сировини і продуктів визначено стандартними методами. Наведено результати експериментальних досліджень показників соняшникової олії та отриманих продуктів. Витрата каталізаторів П8 і Н0 склала 1,0...1,1 кг/т, витрата водню — 27...52 нм<sup>3</sup>/т. Отримано кондитерський жир із раціональними температурами плавлення і твердістю (консистенцією) для виробництва кондитерських композицій.*

**Ключові слова:** нанотехнології, гідрування, каталізатор, соняшникова олія, кондитерські жири і композиції, фізико-хімічні характеристики.

Розвиток сучасних технологій пов'язаний з проникненням у глибину матерії, тобто з нанотехнологіями і з виходом на широкі рівні управління

виробництвом [1]. Якщо ми здатні знайти конкретний нанорозмірний об'єкт (атом, молекулу, надмолекулярне утворення), проконтролювати і, за необхідності, змінити його структуру та зв'язки, то це — нанотехнології [2, 3].

У процесі гідрування олієжирової сировини (ОЖС) нанорозмірними об'єктами є триацилгліцерини, каталізатор, водень. При гідруванні змінюються структура і зв'язки в ОЖС: утворюються позиційні і просторові ізомери, змінюється молекулярний (жирнокислотний, ацилгліцериновий) склад кінцевого продукту тощо. Крім того, у технології аналітичного контролю використовуються сучасні інструментальні методи контролю нанорозмірних об'єктів і надмолекулярних утворень (хроматографічні, маспектрометричні, спектрометричні, ядерний магнітний резонанс, капілярний електрофорез тощо [1].

Гідрування ОЖС, зокрема олій, має два первинних ефекти. По-перше, окиснювальна стабільність олії збільшується у результаті відновлення ненасичених жирних кислот. По-друге, змінюються фізичні властивості олії. Модифікування жирних кислот збільшує температуру плавлення і твердість, що дозволяє отримувати цільовий продукт із мазеподібною або твердою консистенцією у заданому діапазоні температур.

Для гідрування найбільш ненасичених жирних кислот відносно менш ненасичених можуть бути використані умови селективного гідрування. Легка або загальмована гідрогенізація часто використовується для збільшення стабільності рідких олій. Додаткова гідрогенізація перетворює рідку або купажовану олію у фізично твердий жир. Ступінь гідрування залежить від необхідних споживчих властивостей, характеристик плавлення і твердості (консистенції) цільового продукту [4—6].

Проблемою олієжирового комплексу України в умовах СОТ і ЄС є забезпечення споживачів якісними, безпечними та конкурентоспроможними продуктами, тому аналітичне й експериментальне обґрунтування інноваційних технологій гідрування олій і жирів є доцільним і актуальним.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Складністю технологічного процесу гідрування ОЖС є те, що технологічна система є трифазною (олія/жир-каталізатор-водень). Крім того, рідка фаза є полікомпонентною щодо вмісту ацилгліцеринів [7]. У дослідженнях з гідрування бавовняної олії наголошується на необхідності пошуку й розробки нових технологій, підбору та використанні ефективних каталізаторів для гідрогенізації олії [8].

Для гідрування найбільш ненасичених жирних кислот відносно менш ненасичених можуть бути використані умови селективного гідрування. Легка або загальмована гідрогенізація часто використовується для збільшення стабільності рідких олій. Додаткова гідрогенізація перетворює рідку або купажовану олію у фізично твердий жир. Ступінь гідрогенізації залежить від необхідних споживчих характеристик, температури плавлення і твердості (консистенції) цільового продукту [9, 10].

Для виробництва жирових композицій, що застосовуються у кондитерських виробках (для глазурі, начинок, кремів тощо), постійно ведеться пошук жирів, які характеризуються заданими функціонально-технологічними властивостями (температура і криві плавлення, твердість, швидке затвердіння, стабільність текстури) [8].

Донедавна кондитерські жири включали великі кількості гідрованих рідких олій або фракцій (ОЖС), головним чином через те, що такі жири дешевші порівняно з іншими жирами, ОЖС досить доступна, а їх переробка менш складна порівняно, наприклад, із фракціонуванням пальмової олії. Щоб одержати продукти з крутою кривою плавлення, реакцію гідрогенізації ОЖС здійснюють, в основному, за наявності трансспецифічного нікелевого каталізатора [9, 10].

Гідровані жири містять певну або значну кількість трансжирних кислот (ТЖК), які підвищують ступінь кристалізації жирової композиції. Але занадто високий вміст ТЖК у гідрованих жирах викликав занепокоєння стосовно здоров'я, вимоги до якого все підвищуються. Хоча ТЖК є ненасиченими жирними кислотами, вони можуть здійснювати або здійснюють небажаний вплив на здоров'я, який є порівняним з/або ще гіршим, ніж у насичених жирних кислот (НЖК). У результаті, існує необхідність у тому, щоб не тільки регулювати рівень НЖК у складі кондитерського жиру або жирової композиції, але й також регулювати суму рівнів ТЖК і НЖК [10].

Розглянемо нове технічне рішення щодо отримання кондитерських жирів і композицій [11].

Запропонована жирова композиція складається: з першого жиру з вмістом ТЖК менше 30 % (30—10 %), вмістом НЖК і ННЖК з довжиною вуглеводного ланцюга 14—24 атомів вуглецю, співвідношенням НЖК  $C_{16}/C_{18}$  6—8, вмістом твердого жиру при 20 °C 35—60 % і 0,1—5 % (0,5—2 %) прискорювача кристалізації жиру (ПКЖ). ПКЖ являє собою суміш триацилгліцеринів при їх відношенні L/M принаймні 5—10 (де L означає НЖК з принаймні 18 атомами вуглецю, а M означає НЖК, що містять менше 18 атомів вуглецю).

Перший жир жирової композиції має вміст твердого жиру при 35 °C 30—20 % від загальної маси першого жиру; містить 5—2 %  $C_{12}$  жирних кислот; містить принаймні один гідрований жировий компонент (жир).

ПКЖ має температуру плавлення 45—60 °C, є сумішшю двох або більше триацилгліцеринів (насичених 50—90 %), яка має вміст  $C_{22}$  жирних кислот 5—30 %. Кондитерська глазур складається переважно з цієї жирової композиції.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми. Відповідно до чинного стандарту [12], дві марки гідрованих жирів (харчових саломасів), а саме: М 3-1 і М 3-2, є жирами кондитерського типу. Для марки М 3-1 при температурі плавлення 35—37 °C і твердості не нижче 550 г/см вміст НЖК 20—30 %, ненасичених жирних кислот (ННЖК) 70—80 %, у тому числі вміст ТЖК 60—65 %. Для марки М 3-2 при температурі плавлення 35—37 °C і твердості 400—550 г/см вміст НЖК 20—35 %, ННЖК 65—80 %, у тому числі ТЖК 45—55 %. Із наведених даних видно, що, наприклад, при однаковій температурі плавлення і твердості 550 г/см для першої і другої марки кондитерського жиру вміст ТЖК для марки М 3-2 може бути 45 % порівняно з максимальним вмістом ТЖК для марки М 3-1 65 %. Зважаючи на це, частиною загальної проблеми є необхідність забезпечення або збільшення твердості при заданій температурі плавлення кондитерських жирів і композицій.

На основі аналітичного огляду опублікованих джерел і попередніх досліджень, виконаних нами, були визначені критичні точки в нанотехно-

логіях гідрування ОЖС [7]. Це дозволяє раціоналізувати технологічні умови ведення й управління процесом гідрування ОЖС, зокрема щодо селективності процесу, складу і функціонально-технологічних властивостей кондитерських жирів і композицій.

Мета: експериментальне дослідження особливостей нанотехнології отримання харчових саломасів (гідрованої ОЖС) для виробництва кондитерських жирів і композицій.

Об'єкт дослідження — процес гідрування ОЖС.

Предмет дослідження — фізико-хімічні й технологічні властивості вихідної ОЖС, кінцевих продуктів.

Методи дослідження. За стандартними методиками досліджено фізико-хімічні й технологічні властивості вихідної ОЖС і кінцевих продуктів.

Результати дослідження та їх обговорення. Характеристики вихідної ОЖС, зокрема соняшникової олії, наведено у табл. 1.

**Таблиця 1. Характеристика зразків вихідної ОЖС: олія соняшникова**

| Зразок | Вміст води, % | К.ч, мг КОН/г | П.ч, ммоль $\frac{1}{2}$ O <sub>2</sub> /г | Й.ч, г I <sub>2</sub> /100г | Вміст фосфоліпідів, % |
|--------|---------------|---------------|--------------------------------------------|-----------------------------|-----------------------|
| 1      | 0,05          | 0,44          | 1,01                                       | 96,5                        | 0,020                 |
| 2      | 0,05          | 0,38          | 1,13                                       | 95,5                        | 0,018                 |
| 3      | 0,05          | 0,16          | 0,46                                       | 95,3                        | 0,016                 |
| 4      | 0,06          | 0,34          | 0,89                                       | 95,0                        | 0,017                 |
| 5      | 0,07          | 0,26          | 1,43                                       | 95,3                        | 0,018                 |

Значення кислотного числа (К.ч) і пероксидного числа (П.ч) не перевищували 0,5 і 1,5 відповідно. Величини вмісту води, йодного числа (Й.ч) і фосфоліпідів зразки олій були в межах, характерних виду ОЖС.

Умови гідрування зразків вихідної ОЖС наведено в табл. 2.

Початкова температура гідрування становила 160 °С, доза каталізаторів П8 і Н0 при заданому співвідношенні — 1,0...1,1 кг/т, витрата водню від 27 до 52 нм<sup>3</sup>/т.

Значення К.ч і П.ч гідрогенізаторів становили 0,90 і 0,63 відповідно і не перевищували одиниці. Й.ч зменшились до 68...80,1, температури плавлення (Т<sub>пл</sub>) і твердість (Тв) гідрогенізаторів знаходилися в межах 35,0...37 і 510...640 відповідно, за винятком зразка 4. За визначеними показниками отримані харчові саломаси відповідають марці М3 [12].

Зменшення Т<sub>пл</sub> і Тв до 32 °С і 420 г/см у зразку 4 пояснюється зміною складу каталізатора і зменшенням витрати водню (табл. 2).

**Таблиця 2. Умови гідрування зразків вихідної ОЖС**

| Зразок | Каталізатор    | Доза каталізатора, кг/т | Подача водню, нм <sup>3</sup> /г | Витрата водню, нм <sup>3</sup> /т |
|--------|----------------|-------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|
| 1      | П8 + Н0<br>2:1 | 1,0                     | 200                              | 50                                |
| 2      | П8 + Н0<br>2:1 | 1,0                     | 300                              | 52                                |
| 3      | П8 + Н0<br>2:1 | 1,0                     | 170                              | 33                                |

*Продовження таблиці 2.*

| Зразок | Каталізатор    | Доза каталізатора, кг/т | Подача водню, нм <sup>3</sup> /г | Витрата водню, нм <sup>3</sup> /т |
|--------|----------------|-------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|
| 4      | П8 + Н0<br>3:1 | 1,1                     | 100                              | 27                                |
| 5      | П8 + Н0<br>2:1 | 1,0                     | 160                              | 43                                |

Фізико-хімічні показники отриманих саломасів наведено в табл. 3.

**Таблиця 3. Характеристика зразків кондитерського жиру**

| Зразок | К.ч, мг КОН/г | П.ч, ммоль<br>½О/кг | Й.ч, г І <sub>2</sub> /100г | Т <sub>пл</sub> , °С | Тв, г/см |
|--------|---------------|---------------------|-----------------------------|----------------------|----------|
| 1      | 0,24          | 0,63                | 68,0                        | 35,0                 | 540      |
| 2      | 0,90          | 0,48                | 80,1                        | 35,0                 | 510      |
| 3      | 0,55          | 0,46                | 79,5                        | 37,0                 | 640      |
| 4      | 0,60          | 0,48                | 79,0                        | 32,0                 | 420      |
| 5      | 0,70          | 0,24                | 78,5                        | 35,5                 | 540      |

Для раціонального управління процесом гідрування олії і використання харчового саломасу досліджено вплив вмісту зразка 1 кондитерського жиру (КЖ) на зміну вмісту ТЖК при виготовленні кондитерських композицій (табл. 4).

**Таблиця 4. Характеристика кондитерських жирів і композицій (К1-К6) на основі зразка 1 (табл. 3)**

| Зразок кондитерської композиції        | Вміст жиру, % | Вміст ТЖК у композиції, % | Призначення                            |
|----------------------------------------|---------------|---------------------------|----------------------------------------|
| КЖ марки МЗ [10]                       | 99,7          | 45—65                     | Для кондитерських композицій і виробів |
| КЖ зразок 1                            | 99,7          | 45,0                      | -- " --                                |
| К6                                     | 60            | 27,0                      | Для кондитерських композицій           |
| К5                                     | 50            | 22,5                      | -- " --                                |
| К4                                     | 40            | 18,0                      | -- " --                                |
| К3                                     | 30            | 13,5                      | -- " --                                |
| К2                                     | 20            | 9,0                       | -- " --                                |
| К1                                     | 10            | 4,5                       | -- " --                                |
| КЖ Фуджі оїл Юереп, ВЕ (патент 2011р.) | —             | до 30                     | Для кондитерських композицій           |

З даних, наведених у табл. 4, видно, що при використанні, наприклад, зразка 1 КЖ вміст ТЖК у кондитерських композиціях може бути знижений. Практичне використання отриманого КЖ сприятиме заміщенню імпорту жирів і композицій кондитерського призначення.

### **Висновки**

У результаті дослідження процесу гідрування соняшникової олії отримано кондитерський жир із раціональними температурами плавлення і твердістю (консистенцією) для виробництва кондитерських композицій.

Подальші дослідження будуть спрямовані на нейтралізацію критичних точок, виявлення чинників впливу на нанопроцеси, що сприятиме отриманню якісної і конкурентоспроможної продукції.

### Література

1. *Осейко М.І.* Технологія рослинних олій. — Київ.: ВВ «Варта», 2006. — 280 с.
2. *Нанотехнологии.* Азбука для всех /Под ред. Ю.Д. Третьякова. — М.: Физматлит, 2008. — 368 с.
3. *Осейко М.І.* Нанотехнології ліпидовмісних продуктів, екстрактів і добавок в системі КТІОЛ®. Матеріали 2-ї міжнар. науково-практичної конф. «Химия и технология жиров. Перспективы развития масло — жировой отрасли» /АР Крим, м. Алушта. — 20-25.09.2009. — С. 56—59.
4. *Мажидов К.Х.* Производство жидких и твердых пищевых жиров на основе каталитической модификации хлопкового масла / К.Х.Мажидов, К.К.Саттаров, Ш.Хожиев и др.// Масложировая промышленность. — 2007. — № 3. — С.48—49.
5. *Технология* переработки жиров / Н.С. Арутюн, Е.П. Корнена, Л.И. Янова и др. — М.: Пищепромиздат, 1999. — 452 с.
6. *Практическое* руководство по переработке и использованию сои /под ред. Д. Эриксона/ Пер. с англ. М.Доморощенковой. — М.: Макцентр Издательство, 2002. — С.258—277.
7. *Осейко М.І., Голодна О.В.* Нанотехнології: технологічні аспекти гідрування олієжирової сировини /Наукові праці НУХТ. — 2014. — № 56. — С. 132—139.
8. *Рузибаев А.Т., Кадиров Ю.К., Юнусов О.К.* Интенсификация процесса гидрогенизации хлопкового масла. Масложировая промышленность. — 2011. — № 6. — С. 33 — 34.
9. *Мажидова Н.К., Кадиров Ю.К., Рахимов М.Н.* Гидрирование хлопкового масла на катализаторах нового поколения // Масложировая промышленность. — 2011. — № 2. — С. 11—12.
10. *Технологія* модифікованих жирів: навч. посібник / Ф.Ф.Гладкий, В.К.Тимченко, І.М.Демідов та ін. — Х.:НТУ «ХП», 2012. — 210 с.
11. *Патент* України 940309 Жирова композиція з покращеною текстурою і ступенем кристалізації, що містить жири з низьким вмістом трансжирних кислот МПКА23D 9/007 (2006.01) А23D9/02). Заявник: Фуджі оїл Юереп, ВЕ/Опубл.11.04.2011, Бюл.№ 7, 2011 р.
12. *ДСТУ 5040:2008* Саломаси нерафіновані та рафіновані. Технічні умови. — К.: Держспоживстандарт України, 2009. — 15 с.

## НАНОТЕХНОЛОГИИ: ГИДРИРОВАННЫЕ ЖИРЫ ДЛЯ КОНДИТЕРСКИХ КОМПОЗИЦИЙ

Н.И. Осейко, Е.В. Голодная

Национальный университет пищевых технологий

*В статье исследовано гидрирование масложирового сырья (масел) для кондитерских композиций. В результате аналитического рассмотрения научно-технических источников выявлена необходимость усовершенствования состава кондитерских жиров и композиций. Физико-химические*

показатели исходного сырья и продуктов определены стандартными методами. Приведены результаты экспериментальных исследований показателей подсолнечного масла и полученных продуктов. С использованием катализаторов П8 и Н0 получен ассортимент жиров с заданной температурой плавления и твердостью (консистенцией). Расход катализаторов П8 и Н0 составил 1,0...1,1 кг/т, расход водорода — 27...52 нм<sup>3</sup>/т. Получен кондитерский жир с рациональными температурами плавления и твердостью (консистенцией) для производства кондитерских композиций.

**Ключевые слова:** нанотехнологии, гидрогенизация, катализатор, подсолнечное масло, кондитерские жиры и композиции, физико-химические характеристики.

**ENRICHING CEREAL MIXTURES BY SILICON****O. Shapovalenko, O. Yevtushenko, J. Tertyshna***National University of Food Technologies***Key words:***Grain  
Silicon  
Mixture  
Granules  
Humidity***Article history:**Received 20.07.2014  
Received in revised form  
29.07.2014  
Accepted 15.08.2014**Corresponding author:**

O. Yevtushenko

**E-mail:**yevtushenko0687369635@  
ukr.net**ABSTRACT**

Cereal products are in demand among consumers due to its sustenance, high taste quality, considerable vitamins content, microelements and good bioavailability by human organism. Special attention deserve mixtures of cereals which mutually complement and improve taste quality, vitamins content and other nutrients that enhance human dietary intake. During silicon enrichment of mixtures we observe that due to its chemical properties it creates electrically charged colloidal systems which have the property of viruses and pathogenic microorganisms absorption. Obtained samples of granules have solid structure. Physical properties of granulated mixture: humidity — 10,0 %, angle of natural inclination — 28°, fragility — 19 %. Following the results of investigation it is possible to denote that on modern stage of human nutrition development combination of different cereals types on the basis of it's chemical content optimization aiming the balancing of main biologically active substances will create the perspective for manufacturing of a new competitive silicon enriched mixture of cereals production.

**ЗБАГАЧЕННЯ КРУП'ЯНИХ СУМІШЕЙ КРЕМНІЄМ****О.І. Шаповаленко, О.О. Євтушенко, Ю.П. Тертишна***Національний університет харчових технологій*

Круп'яні продукти користуються попитом у споживачів завдяки своїй поживності, високим смаковим якостям, значному вмісту вітамінів, мікроелементів і легкій засвоюваності організмом людини. Заслужують на увагу суміші круп'яних продуктів, які взаємно доповнюють смакові якості, склад вітамінів та інших поживних речовин, що покращує раціон харчування людини. При збагаченні сумішей кремнієм створюються електричні заряджені колоїдні системи, які адсорбують віруси і хвороботворні мікроорганізми, непритаманні людині. Отримані зразки гранул мають міцну структуру. Фізичні властивості гранульованої суміші: вологість — 10,0 %, кут природного ухилу — 28°, крихкість — 19 %. На сучасному етапі розвитку харчування людини поєднання крупів різних видів на основі оптимізації їх хімічного складу з метою збалансування за основними біологічно-активними речовинами створює перспективу для випуску збагаченої кремнієм, конкурентної суміші круп'яної продукції.

**Ключові слова:** зерно, кремній, суміш, гранули, вологість.

Усі крупи мають високу харчову цінність і широко використовуються у домашньому господарстві й громадському харчуванні для приготування каш, супів та інших кулінарних виробів. Вони мають велике значення в дитячому і дієтичному харчуванні, а також є сировиною для виробництва харчових концентратів і деяких видів консервів [1]. Проте окремі крупи мають різну харчову цінність, а тому заслуговує на увагу створення сумішей крупів, які б взаємно доповнювали і поліпшували співвідношення основних поживних речовин для покращення раціону харчування людини.

Відповідно до «Правил організації та ведення технологічного процесу на круп'яних заводах» (далі «Правила») існує технологія виробництва круп підвищеної поживної цінності. Це швидкокорозварювані пресовані вироби, які за формою і розмірами нагадують натуральні крупи. Їх одержують на основі борошняних продуктів з рису подрібненого, непропареного гречаного продукту, вівсяних неподрібнених круп першого сорту з додаванням знежиреного сухого молока, сухого яєчного білка або яєчного продукту в натуральному і замороженому вигляді. Передбачено також виробництво круп на основі поєднання борошняних продуктів різних зернових культур. Це такі три види крупів, як «Флотська» (борошно гречане 70 % і борошно ячмінне 30 %), «Сильна» (борошно горохове 70 %, борошно ячмінне 15 %, борошно макаронне першого сорту 15 %) та «Південна» (борошно кукурудзяне 50 %, борошно ячмінне 10 %, борошно горохове 20 %, борошно макаронне першого сорту 20 %). Проте значного розповсюдження вони не набули і залишається незрозумілим базовий принцип їх поєднання в суміші, що стало першою основою для проведення наших досліджень.

Однією з важливих технологічних операцій в круп'яному виробництві є лущення зерна, яке призначене для зняття оболонки, що не засвоюється організмом людини. Однак саме в насіннєвій оболонці рису, вівса, проса, ячменю, сої накопичується значний вміст кремнію.

Кремній є одним з елементів, що забезпечують нормальний перебіг усіх процесів в організмі людини. При зниженні вмісту кремнію до 1,4 % розвивається цукровий діабет, при зниженні до 1,3 % — рак, а до 1,2 % — інсульт і інфаркти. Відомо, що кремній бере участь в обміні фтору, магнію, алюмінію та інших мінеральних з'єднань, але особливо взаємодіє із стронцієм і кальцієм, що є досить важливим в умовах підвищеного радіоактивного фону. Один із механізмів дії кремнію полягає в тому, що завдяки своїм хімічним властивостям він створює електричні заряджені колоїдні системи, які можуть адсорбувати віруси і хвороботворні мікроорганізми, які не притаманні людині [2], тому одним із завдань наших досліджень був пошук засобу для підвищення вмісту кремнію в крупах.

У технології виробництва круп підвищеної поживної цінності, згідно з «Правилами», разом з борошном у тістозмішувач преса при допомозі дозувального автомата безперервно подають питну воду, яку нагрівають до 45...50 °С. За показниками фізіологічної повноцінності мінерального складу питна вода повинна відповідати вимогам, що наведені у табл. 1. Відповідно до нормативу ДСанПін 2.2.4-171-10, питна вода має підвищені вимоги до її складу

порівняно із зарубіжними аналогами. Зокрема, вміст кремнію повинен становити 10 мг/дм<sup>3</sup>. Однак, враховуючи стан інженерних мереж і постійне інформування про забруднення довкілля, можна відзначити, що виникає необхідність в організації додаткової підготовки води в технологіях виробництва продуктів харчування на промислових підприємствах.

Одним із можливих варіантів може бути використання електрохімічного методу обробки води. Водні розчини, які мають різні значення рН (аноліт і католіт), один з яких збагачений Si, можна отримати на приладі типу «ЕАВ — 9КР» з метою проведення одночасного зволоження й антисептичного впливу або зволоження та збагачення Si чи мікроелементами [3].

*Таблиця 1. Показники фізіологічної повноцінності мінерального складу питної води*

| Речовина            | Одиниця виміру         | ВООЗ (ООН)   | USEPA (США) | Директива ЄС 83/98ЕС | ДСанПін 2.2.4-171-10 |
|---------------------|------------------------|--------------|-------------|----------------------|----------------------|
| Алюміній            | мг/дм <sup>3</sup>     | 0,2          | 0,2         | 0,2                  | 0,2                  |
| Аміак               | мг/л                   | 1,5          | Не нормує   | 0,5                  | 0,5                  |
| Залізо              | мг/ дм <sup>3</sup>    | 0,3          | 0,3         | 0,2                  | 0,2                  |
| Калій + натрій      | мг/ дм <sup>3</sup>    | Не нормує    | Не нормує   | Не нормує            | Не більше 200        |
| Кальцій             | мг/ дм <sup>3</sup>    | Не нормує    | Не нормує   | 100,0                | 130 макс.            |
| Кремній             | мг/ дм <sup>3</sup>    | Не нормує    | Не нормує   | Не нормує            | 10,0                 |
| Магній              | мг/ дм <sup>3</sup>    | Не нормує    | Не нормує   | 50,0                 | Не більше 80         |
| Марганець           | мг/ дм <sup>3</sup>    | <0,5         | <0,05       | 0,05                 | 0,05                 |
| Мідь                | мг/ дм <sup>3</sup>    | 1,0          | 1,0-1,3     | 2,0                  | 1,0                  |
| Нітрати             | мг/ дм <sup>3</sup>    | 50,0         | 44,0        | 50,0                 | 50,0                 |
| Сvineць             | мг/ дм <sup>3</sup>    | 0,01         | 0,015       | 0,01                 | 0,01                 |
| Срібло              | мг/ дм <sup>3</sup>    | Не контролює | 0,1         | Не контролює         | 0,025                |
| Сульфати            | мг/ дм <sup>3</sup>    | 250,0        | 250,0       | 250,0                | 250,0                |
| Фториди             | мг/ дм <sup>3</sup>    | 1,5          | 2,0-4,0     | Не нормує            | 1,5                  |
| Хлориди             | мг/ дм <sup>3</sup>    | 250,0        | 250,0       | 250,0                | 250,0                |
| Водневий показник   | рН                     | Не нормує    | 6,5-8,5     | Не більше 9,5        | 6,5-8,5              |
| Сухий залишок       | мг/ дм <sup>3</sup>    | 1000,0       | 500,0       | Не контролює         | Не більше 1000       |
| Жорсткість загальна | Ммоль/ дм <sup>3</sup> | Не нормує    | Не нормує   | Не контролює         | Не більше 7,0        |
| Лужність загальна   | Ммоль/ дм <sup>3</sup> | Не нормує    | Не нормує   | Не контролює         | Не більше 6,5        |

Режим роботи приладу напівавтоматичний, що надає можливість отримати водні розчини з паспортними значеннями рН 3 та рН 11 зі ступенем очистки від солей жорсткості на 70...80 % і підвищеним вмістом кремнію на 80...90 % (Інструкція з експлуатації 29.2-1285006876.001-РЕ). Для проведення досліджень були обрані круп'яні культури, які відповідали вимогам ГОСТ 276-60 «Крупа пшеничная (Полтавская, «Артек»). Технические условия», ГОСТ 6002-69 «Крупа кукурузная. Технические условия», ГОСТ 5784-60 «Крупа ячменная. Технические условия», ГОСТ 5550-74 «Крупа гречневая. Технические условия», ГОСТ 572-60 «Крупа пшено шлифованное. Технические условия»; ГОСТ 6201-68 «Горох шлифованный. Технические условия».

Визначені показники хімічного складу: сирий протеїн (СП), сирий жир (СЖ), безазотисті екстрактивні речовини (БЕР) у % на суху речовину та середня ціна крупів наведено на рис. 1.

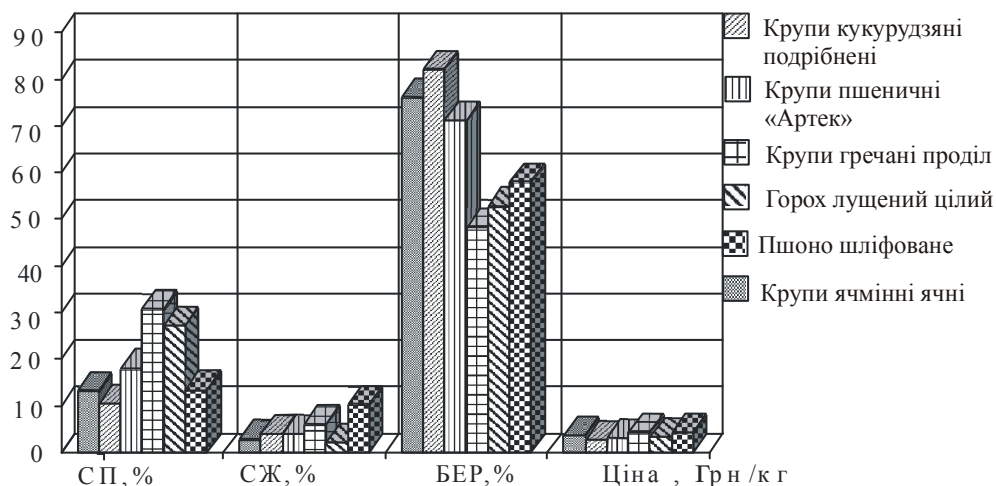


Рис. 1. Хімічний склад круп'яних продуктів

Дані, наведені на рис. 1, підтверджують, що крупа гречана проділ і пшоно шліфоване є найбільш цінними круп'яними продуктами за більшістю показників хімічного складу. За біологічною цінністю, крім вищезазначених, можна відзначити також крупи пшеничні та горох. Проте попит на деякі крупи (кукурудзяні, гречаний проділ) є незначним через складність приготування й тривалість кулінарної обробки, тому було здійснено пошук оптимальних варіантів з використанням квазіньютонівського методу, за яким створено суміш крупів зі значеннями більшими, ніж мінімальні, щодо СП — 10,45 % (крупи кукурудзяні подрібнені), СЖ — 2,03 % (горох лущений цілий), БЕР — 48,25 % (крупи гречані проділ) при мінімальній вартості й обов'язковому вмісті компонентів не менше 1 %.

Функція пошуку оптимуму наведена у формулі 1, а отриманий результат — у табл. 2.

$$y = \sum x_i \cdot c_i \rightarrow \min, \quad (1)$$

$$x_i \geq 1\%, \sum x_i = 100\%, \sum a_i \geq a_{i \min},$$

де  $a_i$  — значення показника в хімічному складі, %;  $x_i$  — вміст певних крупів у суміші, %;  $c_i$  — ціна, грн.кг.

Таблиця 2. Оптимальна суміш крупів

| Вид продукції                | Вміст, (кг) % | СП, %  | СЖ, %  | БЕР, % | Ціна, грн.кг |
|------------------------------|---------------|--------|--------|--------|--------------|
| Крупи ячмінні ячні           | 1             | 0,1324 | 0,0292 | 0,7622 | 3,65         |
| Крупи кукурудзяні подрібнені | 95            | 9,9275 | 3,819  | 77,881 | 2,66         |
| Крупи пшеничні «Артек»       | 1             | 0,1809 | 0,0401 | 0,7114 | 3,14         |
| Крупи гречані проділ         | 1             | 0,308  | 0,06   | 0,4825 | 4,23         |
| Горох лущений цілий          | 1             | 0,2712 | 0,0203 | 0,5277 | 3,36         |

| Вид продукції   | Вміст, (кг) % | СП, %  | СЖ, %  | БЕР, % | Ціна, грн.кг |
|-----------------|---------------|--------|--------|--------|--------------|
| Пшоно шліфоване | 1             | 0,1344 | 0,1008 | 0,5791 | 4,30         |
| Сума            | 100           | 10,95  | 4,07   | 80,94  | 284,68       |

За результатами проведених обчислень (табл. 2) можна запропонувати споживачам круп'яну суміш на основі круп кукурудзяних подрібнених (95 %) з 1 % введенням до її складу п'яти інших круп'яних продуктів. За відсутності обмеження  $x_i \geq 1$  % всі інші крупи були б відкинуті програмою, хоча вони мають більш повноцінний амінокислотний склад. При зростанні ціни товару всього на 5 копійок за кг було покращено амінокислотний і жирковий комплекс сполук на більш повноцінний, а також підвищено харчову й біологічну цінність круп кукурудзяних подрібнених при незначному збільшенні загального вмісту сирого протеїну з 10,45 до 10,95 % та сирого жиру з 4,02 до 4,07 %.

При пошуку варіанта суміші за умови  $\Sigma a_{СП} = 15,0$  % можна запропонувати таку суміш: крупи кукурудзяні подрібнені — 70,73 %, горох лущений цілий — 25,27 %, інші крупи — 1,0 %. При подорожчанні круп кукурудзяних подрібнених на 18 копійок за кг вміст СП буде збільшено на 4,55 %.

При пошуку варіанта суміші за умови  $\Sigma a_{СЖ} = 5,0$  % можна запропонувати таку суміш: крупи кукурудзяні подрібнені — 79,64 %, горох лущений цілий — 16,36 %, інші крупи — 1,0 %. При подорожчанні круп кукурудзяних подрібнених на 28 копійок за кг вміст СЖ буде збільшено на 0,98 %.

У подальших дослідженнях була обрана перша суміш крупів.

У технології виробництва круп підвищеної поживної цінності, згідно з «Правилами», їх розмелюють в борошно шляхом послідовного пропуску крізь три системи вальцових верстатів. Борошно відбирають проходом крізь сито із поліамідної тканини № 33/36 ПА.

Оскільки при виробництві пластівців і круп підвищеної поживної цінності спостерігається значна енергоємність процесу, то було запропоновано виробництво гранульованих сумішей крупів.

Найбільш міцні гранули отримують при гранулюванні сировини, що має середній розмір частинок компонентів у суміші 0,5 — 1,0 мм. Для цього були проведені дослідження з подрібнення крупів у молотковій дробарці. За отриманими результатами можна відзначити, що при встановленні сита з отворами діаметром 2 мм можна досягти не менше 80 % виходу фракції з середнім розміром частинок компонентів до 1,0 мм для більшості крупів. Лише для крупів ячмінних ячних цей показник становитиме до 60 %, але, враховуючи їх вміст у суміші (1 %), дана ефективність подрібнення може бути достатньою.

Змішування подрібнених круп, а також збагачення водним розчином з підвищеним вмістом кремнію проводили вручну протягом 4 хв. Як додатковий компонент була використана сіль кухонна кам'яна в концентрації, яка відповідає методиці визначення розварюваності крупів. Вологість суміші не перевищувала 18,0 %, керуючись технологічними параметрами гранулятора. Прогрів матриці преса-гранулятора здійснювали до температури, яка забезпечувала температуру гранул на рівні 75...80 °С. Гранулювання проводили на лабораторному пресі-

грануляторі PSI — Shulz (типу CULAMEC 12) з діаметром отворів матриці 4 мм. Отримана гранульована суміш мала такі показники: вологість — 10,0 %, кут природного ухилу — 28 градусів, крихкість — 19 %.

### Висновки

Таким чином, використання комп'ютерних технологій під час організації та ведення технологічного процесу на круп'яних заводах відкриває перспективи для створення нових видів конкурентоспроможної продукції, яка за співвідношенням основних хімічних компонентів буде точно підібраною, за аналізом амінокислотного, жирокислотного складу може його перевищувати, перебуваючи при цьому в одній ціновій категорії з прототипом. Застосування операції гранулювання зі зволоженням сировини водним розчином з підвищеним вмістом кремнію відкриває більше перспектив для виробництва крупів спеціального призначення.

### Література

1. Крупа. — Режим доступа: <http://www.ekulinar.ru/topic29173.html/> — 15.04.2014.
2. Режим доступа: <http://www.kremniy.info/tag> — 15.04.2014.
3. Патент 68051 UA, МПК с02F 1/46 Анод для электроактиватора питной та лікувальної води / Апуховський А.Й., Косінов Б.В., Куртов В.Д. — № u200504400; опубл. 15.07.2004, Бюл. № 7.

## ОБОГАЩЕНИЕ КРУПЯНЫХ СМЕСЕЙ КРЕМНИЕМ

О.И. Шаповаленко, О.А. Евтушенко, Ю.П. Тертышная  
Национальный университет пищевых технологий

*Крупяные продукты пользуются спросом у потребителей благодаря своей питательности, высоким вкусовым качествам, значительному содержанию витаминов, микроэлементов и легкой усвояемости организмом человека. Заслуживают внимания смеси крупяных продуктов, которые взаимно дополняют вкусовые качества, состав витаминов и других питательных веществ, улучшают рацион питания человека. При обогащении смеси кремнием создаются электрические заряженные коллоидные системы, которые обладают свойством адсорбировать вирусы и болезнетворные микроорганизмы, несвойственные человеку. Полученные образцы гранул имеют прочную структуру. Физические свойства гранулированной смеси: влажность — 10,0 %, угол естественного наклона — 28°, крошимость — 19 %. На современном этапе развития питания человека сочетание круп разных видов на основе оптимизации их химического состава с целью сбалансирования по основным биологически активными веществами создаст перспективу для выпуска обогащенной кремнием, конкурентной смеси круп.*

**Ключевые слова:** зерно, кремний, смесь, гранулы, влажность.

## OPTIMIZATION OF SYNTHESIS CONDITIONS OF PB-1212 HIGH-TEMPERATURE SUPERCONDUCTING CERAMIC

T. Voitenko, S. Nedilko, A. Ashuev  
Taras Shevchenko National University of Kyiv  
O. Golovchenko  
Bogomolets National Medical University

**Key words:**  
*High temperature  
superconduction  
Pb1212  
Solid-state synthesis  
Sol-gel synthesis*

**Article history:**  
Received 28.07.2014  
Received in revised form  
15.08.2014  
Accepted 22.08.2014

**Corresponding author:**  
T. Voitenko  
**E-mail:**  
voitana@ukr.net

### ABSTRACT

The optimal conditions for the synthesis of  $(\text{Pb}_{0.7}\text{Cu}_{0.3})\text{Sr}_2(\text{Y}_{0.5}\text{Ca}_{0.5})\text{Cu}_2\text{O}_{7 \pm \delta}$  composition using solid phase and sol-gel methods for the preparation of the precursor were identified. It was determined that solid solutions  $(\text{Pb}_{0.7}\text{Cu}_{0.3})\text{Sr}_2(\text{Y}_{0.5}\text{Ca}_{0.5})\text{Cu}_2\text{O}_{7 \pm \delta}$  have superconductivity properties at temperatures below 77°K.

## ОПТИМІЗАЦІЯ УМОВ СИНТЕЗУ ВИСОКОТЕМПЕРАТУРНОЇ НАДПРОВІДНОЇ КЕРАМІКИ СКЛАДУ РВ-1212

Т.А. Войтенко, С.А. Неділько, А.А. Ашуєв  
Київський національний університет імені Тараса Шевченка  
О.І. Головченко  
Київський національний медичний університет імені О. Богомольця

У статті визначено оптимальні умови синтезу зразків складу  $(\text{Pb}_{0.7}\text{Cu}_{0.3})\text{Sr}_2(\text{Y}_{0.5}\text{Ca}_{0.5})\text{Cu}_2\text{O}_{7 \pm \delta}$  з твердофазним і золь-гель методом одержання прекурсору. Встановлено, що синтезовані зразки виявляють надпровідні властивості при температурі нижче 77°K.

**Ключові слова:** високотемпературна надпровідність, Pb1212, твердофазний синтез, золь-гель синтез.

З моменту відкриття високотемпературної надпровідності (ВТНП) [1] дослідників цікавили різні склади надпровідних матеріалів, їх одержання та

властивості. Так, синтезовано зразки високотемпературних надпровідників, що різняться за критичною температурою, вмістом надпровідної фази у зразках і легкості проведення синтезу. Так, ВТНП сполуки складу  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7\pm\delta}$  (Y123) з критичною температурою  $T_c \approx 92^\circ\text{K}$  у вигляді плівок уже знайшли своє практичне застосування у мікроелектроніці електроенергетиці [2].

Пошук нових ВТНП проводився передусім шляхом заміни катіонів металів, при цьому зміни стосувалися складу, параметрів й типу кристалічної ґратки. Так, склад Pb-1212 був одержаний заміщенням Ba на Sr у фазі Y-123 ( $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7\pm\delta} \rightarrow \text{YSr}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7\pm\delta}$ ) з подальшим частковим заміщенням Cu на Pb [3—6]. Зусиллями дослідників встановлено, що оптимальний склад фази Pb-1212 після заміщення виглядає як  $(\text{Pb}_{0.7}\text{Cu}_{0.3})\text{Sr}_2(\text{Y}_{0.5}\text{Ca}_{0.5})\text{Cu}_2\text{O}_{7\pm\delta}$  [7—10].

Основні переваги складу Pb-1212 полягають у його стабільності та стійкості до зовнішніх факторів — повітря, вологості порівняно з іншими відомими ВТНП (наприклад, Y-123, за звичайних умов втрачає свої властивості за 2—3 місяці зберігання), а також в порівняно швидкому фазоутворенні [11—12]. Зважаючи на високу леткість плумбуму і його сполук, прямий синтез Pb-1212, на жаль, неможливий. Крім того, останнім часом підвищену зацікавленість викликає розмір частинок одержаних зразків, а також активно вивчається залежність властивостей матеріалів від розмірів їх частинок.

Мета дослідження: пошук оптимальних умов синтезу зразків складу  $(\text{Pb}_{0.7}\text{Cu}_{0.3})\text{Sr}_2(\text{Y}_{0.5}\text{Ca}_{0.5})\text{Cu}_2\text{O}_{7\pm\delta}$ , а також вивчення впливу методів синтезу на морфологію одержаних зразків.

#### *Експериментальна частина*

Зразки складу  $(\text{Pb}_{0.7}\text{Cu}_{0.3})\text{Sr}_2(\text{Y}_{0.5}\text{Ca}_{0.5})\text{Cu}_2\text{O}_{7\pm\delta}$  виготовляли двоетапним твердофазним методом з попереднім одержанням прекурсору та подальшим відпалюванням в атмосфері кисню. Прекурсори одержували за твердофазною та золь-гель методиками синтезу.

Усі вихідні речовини були промислового виробництва і кваліфікації не нижче «х.ч.». Нами використовувалися купрум (II), ітрій, плумбум (II) оксиди, стронцій, кальцій карбонати для синтезу прекурсору твердофазним методом і розчини ітрій, кальцій, стронцій, купрум нітратів для золь-гель синтезу прекурсору.

Усі реактиви, що використовувались для синтезу керамічних матеріалів, були проаналізовані на вміст катіону відповідного металу. Вміст іонів рідкісноземельних елементів визначався прямим трилонометричним титруванням з індикатором ксиленоловим оранжевим, купруму (II) — прямим трилонометричним титруванням з індикатором мурексид,  $\text{Ca}^{2+}$  та  $\text{Sr}^{2+}$  — оберненим титруванням з індикатором еріохром чорний «Т» [13—14].

На першій стадії твердофазного синтезу прекурсору суміш оксидів купруму та ітрію, карбонатів кальцію і стронцію, взятих у розрахованому стехіометричному співвідношенні, ретельно перетирали в агатовій ступці і відпалювали у фарфорових тиглях у муфельній печі протягом 48 годин з проміжним перетиранням при температурі  $900^\circ\text{C}$  до зникнення характеристичних смуг поглинання  $\text{CO}_3^{2-}$  в ІЧ-спектрах.

При синтезі прекурсору золь-гель методом суміш розчинів нітратів купруму, ітрію, кальцію та стронцію упарювали до утворення гелю, який

потім розкладали при поступовому нагріванні до 800 °С. Як гелеутворювач використовували цитрат амонію.

До одержаних прекурсорів додавали розраховану кількість оксиду плюмбуму з надлишком 5, 10 та 15 %, ретельно перетирали одержану шихту в агатовій ступці, пресували її в таблетки і відпалювали в печі з поступовим нагріванням (250 °С/год) до температури 800 °С для запобігання леткості плюмбуму. Далі одержані зразки знову перетирали і пресували в таблетки, які відпалювали протягом 72 годин при температурі 850 °С з проміжним перетиранням і пресуванням в таблетки через кожні 24 години. На завершальному етапі зразки загартовували у трубчатій муфельній печі з витримкою в тоці кисню. Температура в печі контролювалася за допомогою термопари хромель-алюмель, що була під'єднана до регулятора температури (точність регулювання  $\pm 5$  °С).

Процес розкладу шихти контролювали ІЧ-спектральним методом. ІЧ-спектри поглинання продуктів термолізу записували на спектрофотометрі UR-10 в області 1200—1700  $\text{cm}^{-1}$ , використовуючи пресування таблеток з KBr.

Фазовий склад і параметри кристалічних ґраток визначали рентгенографічним методом на порошках (ДРОН-3М;  $\text{Cu}_{K\alpha}$  випромінювання з Ni-фільтром). Резистивні вимірювання проводили стандартним чотириконтактним зондовим методом з використанням індій-галієвої евтектики в інтервалі температур 300—78 °К. Просвічуючу електронну мікроскопію (ПЕМ) проводили на електронному мікроскопі SELMI-125K.

Вміст плюмбуму визначали методом йодометричного титрування [3].

#### *Результати і обговорення*

Для встановлення температурних режимів обробки шихти, що складається з купрум (II), ітрій, плюмбум (II) оксидів, стронцій, кальцій карбонатів, нами був проведений термогравіметричний аналіз, за допомогою якого було встановлено, що утворення фази Pb-1212 починається при температурі 850 °С.

Для знаходження оптимального надлишку оксиду плюмбуму та виходячи з результатів аналізу термограми, після додавання оксиду плюмбуму реакційна суміш була нагріта ступінчато до 850 °С і витримана при цій температурі протягом 30 год.

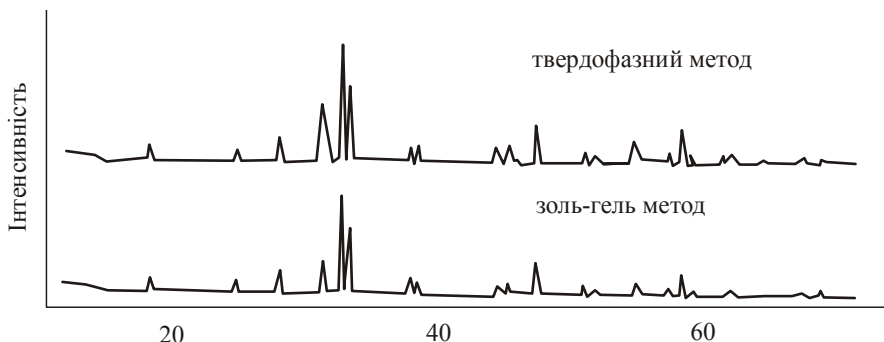


Рис. 1. Дифрактограми зразків  $(\text{Pb}_{0.7}\text{Cu}_{0.3})\text{Sr}_2(\text{Y}_{0.5}\text{Ca}_{0.5})\text{Cu}_2\text{O}_{7\pm\delta}$  з 10-відсотковим вмістом PbO і різними способами одержання прекурсору

Після проведення рентгенофазового аналізу, а також порівняння з літературними даними, було встановлено, що зразок  $(\text{Pb}_{0.7}\text{Cu}_{0.3})\text{Sr}_2(\text{Y}_{0.5}\text{Ca}_{0.5})\text{Cu}_2\text{O}_{7\pm\delta}$  з 10 % надлишком  $\text{PbO}$ , після прожарювання протягом 15 год містить фазу  $\text{Pb}$  1212, але при цьому наявні також і домішкові фази. Внаслідок прожарювання протягом ще 15 год зразки складу  $(\text{Pb}_{0.7}\text{Cu}_{0.3})\text{Sr}_2(\text{Y}_{0.5}\text{Ca}_{0.5})\text{Cu}_2\text{O}_{7\pm\delta}$  виявилися монофазними.

Визначення вмісту п्लомбуму в одержаних зразках проводилося йодометричним титруванням купрум(II) з подальшим перерахунком на п्लомбум. У табл.1 наведено дані про вміст п्लомбуму у синтезованих зразках.

*Таблиця 1. Вміст п्लомбуму у зразках складу  $(\text{Pb}_{0.7}\text{Cu}_{0.3})\text{Sr}_2(\text{Y}_{0.5}\text{Ca}_{0.5})\text{Cu}_2\text{O}_{7\pm\delta}$*

| % надлишку $\text{PbO}$                        | <b>W(<math>\text{Pb}</math> (теор.))=22,559 %</b> |                        |                        |
|------------------------------------------------|---------------------------------------------------|------------------------|------------------------|
|                                                | до відпалювання                                   | відпалювання<br>15 год | відпалювання<br>30 год |
| <b>Твердофазний метод одержання прекурсору</b> |                                                   |                        |                        |
| 5 % надлишок                                   | 24,18 %                                           | 20,36 %                | 20,17 %                |
| 10 % надлишок                                  | 25,22 %                                           | 21,57 %                | 21,24 %                |
| 15 % надлишок                                  | 25,63 %                                           | 21,04 %                | 20,92 %                |
| <b>Золь-гель метод одержання прекурсору</b>    |                                                   |                        |                        |
| 5 % надлишок                                   | 25,19 %                                           | 21,20 %                | 18,83 %                |
| 10 % надлишок                                  | 24,88 %                                           | 21,68 %                | 22,59 %                |
| 15 % надлишок                                  | 25,77 %                                           | 23,33 %                | 23,10 %                |

Виходячи з результатів експерименту та хімічних розрахунків, можна стверджувати, що найближчими до теоретичного значення вмісту п्लомбуму є зразки з 10 % надлишком оксиду п्लомбуму, тому саме такий надлишок оптимальний при синтезі ВТНП зразків складу  $\text{Pb}$ -1212.

Рентгенофазовий аналіз одержаних зразків з 10 % надлишком оксиду п्लомбуму показав, що всі вони ізоструктурні фазі  $\text{Pb}$ -1212 і кристалізуються у тетрагональній сингонії (просторова ґратка  $I4/mmm$ ).

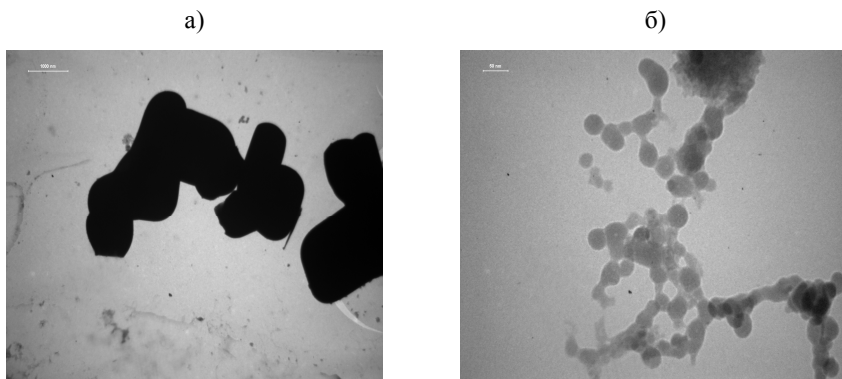
Для цих зразків були розраховані параметри кристалічних ґраток.

*Таблиця 2. Параметри кристалічної ґратки для зразків складу  $(\text{Pb}_{0.7}\text{Cu}_{0.3})\text{Sr}_2(\text{Y}_{0.5}\text{Ca}_{0.5})\text{Cu}_2\text{O}_{7\pm\delta}$*

|                                               | a, Å     | c, Å      | V, Å <sup>3</sup> |
|-----------------------------------------------|----------|-----------|-------------------|
| Твердофазна серія, 10 % надлишок $\text{PbO}$ | 3,86 (2) | 11,78 (9) | 175,0 (3)         |
| Золь-гель серія, 10 % надлишок $\text{PbO}$   | 3,84 (1) | 11,83(8)  | 175,0 (2)         |

Методом електронної мікроскопії було досліджено мікроструктуру зразків  $(\text{Pb}_{0.7}\text{Cu}_{0.3})\text{Sr}_2(\text{Y}_{0.5}\text{Ca}_{0.5})\text{Cu}_2\text{O}_{7\pm\delta}$ .

В обох випадках структура зразків є достатньо однорідною і для неї характерні досить чіткі зерна. Розмір зерен зразків  $(\text{Pb}_{0.7}\text{Cu}_{0.3})\text{Sr}_2(\text{Y}_{0.5}\text{Ca}_{0.5})\text{Cu}_2\text{O}_{7\pm\delta}$  (рис.2б) із золь-гель методом одержання прекурсору майже у 20 разів менший, ніж у зразків (рис.2а) з твердофазним способом одержання прекурсору і складає приблизно 40х40 нм.



**Рис 2.** ТЕМ-фотографії для зразків  $(\text{Pb}_{0.7}\text{Cu}_{0.3})\text{Sr}_2(\text{Y}_{0.5}\text{Ca}_{0.5})\text{Cu}_2\text{O}_{7\pm\delta}$  а) з твердофазним способом одержання прекурсору, б) із золь-гель методом одержання прекурсору

Порівняння даних рентгенофазового аналізу і просвічуючої електронної мікроскопії дозволяє говорити про те, що склад зразків відповідає фазі Pb-1212.

Резистивні вимірювання зразків даної системи в інтервалі температур 77—300 К показали, що надпровідний перехід при температурі вище 77 °К не спостерігається. В літературі повідомлялося, що критичні температури для зразків з подібним типом заміщення нижче 72 °К [9].

### Висновки

У результаті проведеного дослідження визначено параметри термообробки зразків складу  $(\text{Pb}_{0.7}\text{Cu}_{0.3})\text{Sr}_2(\text{Y}_{0.5}\text{Ca}_{0.5})\text{Cu}_2\text{O}_{7\pm\delta}$  з твердофазним і золь-гель методом одержання прекурсору. Показано, що оптимальний надлишок плюмбуму для зразків цього складу становить 10 %. Також встановлено, що синтезовані зразки з твердофазним і золь-гель способами одержання прекурсору є надпровідними при температурі нижче 77 К.

### Література

1. Bednorz J.G., Müller K.A. Possible high  $T_c$  superconductivity in the Ba-La-Cu-O system // *Z. Physik.* — 1986. — В 64. — Р. 189—193.
2. Третьяков Ю.Д., Гудилин Е.А. Химические принципы получения металлооксидных сверхпроводников // *Успехи химии.* — 2000. — Т. 89. — Вып.1. — С. 1—34.
3. Мороз А.Л., Недилько С.А. Синтез и исследование сверхпроводящих купратов на основе  $\text{PbSrYCaCuO}$  фазы 1212 // *Журн. неорган. химии.* — 1997. — Т. 42. — № 2. — С. 181—183.
4. Dabkowski A., Dabkowski H., Greedan J.E. et al Growth and characterization of superconducting single crystals of layered 1212  $\text{PbSrYCaCu}$  oxide // *J. Cryst. Growth.* — 1993. — V. 126, № 2—3. — P. 471—479.
5. Maeda T., Sakuyama K., Isava K. S. et al. Substitution effects of calcium for strontium in lead-based layered copper oxides, lead copper strontium yttrium calcium cuprate  $(\text{Pb}_{(1+x)/2}\text{Cu}_{(1-x)/2})\text{Sr}_2(\text{Y}_{1-x}\text{Ca}_x)\text{Cu}_2\text{O}_{7+\delta}$  // *Physica C.* — 1991. — V. 185—189 (Pt.1). — P. 687—688.

6. Rouillon T., Provost J., Hervieu M. et al. Superconductivity up to 100 K in lead cuprates: a new superconductor  $\text{Pb}_{0.5}\text{Sr}_{2.5}\text{Y}_{0.5}\text{Ca}_{0.5}\text{Cu}_2\text{O}_{7-\delta}$  // *Physica C*. — 1989. — V. 159. — P.201—209.

7. Adachi S., Adachi H., Setsune K. et al Study on annealing treatment and Sr/Ca for Pb-Sr-Y-Ca-Cu-O ceramics with “1212” structure // *Jpn. J. Appl. Phys.* — 1991. — V. 30, № 4B. — P. 690—693.

8. Cava R.J., Baltogg B., Craewcki J.J. et al. Superconductivity near 70 K in a new family of layered copper oxides // *Nature*. — 1988 — V. 336, № 6196. — P. 211—214.

9. Maeda T., Sakujama K., Koriyama S. et all. Oxide superconductor and its manufacturing method. // *Intern. Superconduct. Technol.* — 2007. — P. 19.

10. Sheng Z.Z., Hermann A.M. Bulk superconductivity at 120 K in the thallium-calcium/barium-copper-oxygen (Tl-Ca/Ba-Cu-O) system // *Nature*. — 1988. — V. 332, № 6160. — P. 138—139.

11. Beals T.P. Properties and substitutional chemistry of layered lead cuprate superconductors. // *J. Mater. Chem.* — 1998. — V. 8, № 1. — P. 1—12.

12. Wu M.K. Ashburn J.R., Torng C.J. et al Superconductivity at 93 K in a new mixed-phase yttrium-barium-copper-oxygen compound system at ambient pressure // *Phys. Rev. Lett.* — 1987. — V. 58, № 9. — P. 908—910.

13. Шарло Г. Методы аналитической химии. Количественный анализ неорганических соединений. — М.: Химия, 1969. — 1206 с.

14. Шварценбах. Г., Флашка Г. Комплексонометрическое титрование. — М.: Химия, 1970. — 360 с.

## ОПТИМИЗАЦИЯ УСЛОВИЙ СИНТЕЗА ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ СВЕРХПРОВОДЯЩЕЙ КЕРАМИКИ СКЛАДУ РВ-1212

Т.А. Войтенко, С.А. Недилько, А.А. Ашуев

Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко

О.И. Головченко

Киевский национальный медицинский университет имени О. Богомольца

В статье определены оптимальные условия синтеза образцов состава  $(\text{Pb}_{0.7}\text{Cu}_{0.3})\text{Sr}_2(\text{Y}_{0.5}\text{Ca}_{0.5})\text{Cu}_2\text{O}_{7\pm\delta}$  с твердофазным и золь-гель методом получения прекурсора. Установлено, что синтезированные образцы проявляют сверхпроводящие свойства при температуре ниже 77 К.

**Ключевые слова:** высокотемпературная сверхпроводимость,  $\text{Pb}1212$ , твердофазный синтез, золь-гель синтез.

## PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES OF CRYSTALS OF SUBSTITUTED OXALATES $\text{Ca}_{1-x}\text{R}_x\text{C}_2\text{O}_4\cdot\text{H}_2\text{O}$ (R — Eu, Sm, Ho, Pr, Nd) GROWN IN SILICA GEL

**O. Dzyazko**

*Taras Shevchenko National University of Kyiv*

**O. Kyporenko**

*Ukrainian Physics and Mathematics Lyceum of Taras Shevchenko Kiev University*

**G. Sokolsky**

*National University of Food Technologies*

**T. Sokolsky**

*Gymnasium № 178, Kyiv*

**A. Kuschev**

*National Aviation University*

| Key words:                          | ABSTRACT                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|-------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Crystal structure</i>            | Growth conditions of $\text{Ca}_{1-x}\text{R}_x\text{C}_2\text{O}_4\cdot\text{H}_2\text{O}$ (R — Eu, Sm, Ho, Pr, Nd) crystals in silica gel have been developed for the first time with subsequent preparation and analysis. The presence of rare-earth element (REE) cations in grown crystals was established by energy-dispersive X-ray spectroscopy (EDS) method. The ability of crystals grown in silica gels to twinning (simultaneous growth in two crystallographic directions) has been demonstrated. The repetitive occurrence of the twinning structural elements at micro- and macrolevels is the evidence of fractal crystal growth phenomenon in silica gels. The presence of whewellite $\text{CaC}_2\text{O}_4\cdot\text{H}_2\text{O}$ phase has been shown and unit cell parameters of the crystal lattice of substituted oxalates have been calculated. Thus, promising gel method applications to grow substituted by rare earth elements calcium oxalate crystals as functional single-crystal REE compounds with tailor-made properties for new laser and other optically active and nonlinear elements in optoelectronics have been demonstrated. |
| <i>Twinning</i>                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| <i>Substituted oxalates</i>         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| <i>Rare-earth elements</i>          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| <i>Silica gel</i>                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| <i>Crystal growth</i>               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| <b>Article history:</b>             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Received 05.08.2014                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Received in revised form 15.08.2014 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Accepted 30.08.2014                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| <b>Corresponding author:</b>        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| O. Dzyazko                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| <b>E-mail:</b>                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| gvsokol@rambler.ru                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |

## ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ КРИСТАЛІВ ЗАМІЩЕНИХ ОКСАЛАТІВ $\text{Ca}_{1-x}\text{R}_x\text{C}_2\text{O}_4\cdot\text{H}_2\text{O}$ (R — Eu, Sm, Ho, Pr, Nd), ВИРОЩЕНИХ У СИЛІКАТНОМУ ГЕЛІ

**О.Г. Дзязько**

*Київський національний університет ім. Тараса Шевченка*

**О.Я. Кипоренко**

*Український фізико-математичний ліцей КНУ ім. Т.Шевченка*

**Г.В. Сокольський**

*Національний університет харчових технологій*

**Т.Г. Сокольський**

Гімназія № 178, м. Київ

**О.В. Кущев**

Національний авіаційний університет

*У статті вперше розроблено умови вирощування, одержано й досліджено кристали загального складу  $\text{Ca}_{1-x}\text{R}_x\text{C}_2\text{O}_4\cdot\text{H}_2\text{O}$  ( $\text{R}$  — Eu, Sm, Ho, Pr, Nd). Встановлено наявність катіонів рідкоземельних елементів (РЗЕ) у вирощених кристалах методом енергодисперсійної спектроскопії. Показано здатність таких кристалів до двійникування (одночасного зростання у двох кристалографічних напрямках). Повторюваність структурних елементів двійникування є свідченням фрактальності цього явища у вирощених із силікатного гелю кристалах. Зафіксовано фазу ювеліту  $\text{CaC}_2\text{O}_4\cdot\text{H}_2\text{O}$  у продукті взаємодії оксалату амонію і нітратів кальцію та РЗЕ і розраховано параметри елементарної комірки кристалічної ґратки заміщених оксалатів. Доведено перспективність застосування гелю-методу для вирощування кристалів заміщених РЗЕ оксалату кальцію із заданими властивостями для нових лазерних та інших оптично активних і нелінійних елементів в оптоелектроніці.*

**Ключові слова:** кристалічна структура, двійникування, заміщені оксалати, рідкоземельні елементи, силікатний гель, вирощування кристалів.

Сполуки рідкісноземельних елементів (РЗЕ), особливо оксалати, технологічно важливі у зв'язку з їх люмінесцентними, сегнетоелектричними й сегнетоеластичними властивостями [1—3]. Перспективним є використання оксалатів РЗЕ як прекурсорів матеріалів із надпровідними властивостями [4]. Наявні у спектрах випромінювання РЗЕ вузькі та інтенсивні лінії у видимому й ближньому ІЧ-діапазоні зумовлюють інтерес до їх застосування у твердотільних лазерах для потреб медицини, біології, оптичних носіїв інформації, технологій дисплеїв.

Оксалати утворюють стабільні комплекси з катіонами РЗЕ [5], що обумовлює вибір оксалатів металів як матриці, яка забезпечує впровадження РЗЕ у певній концентрації шляхом гетеро- або ізовалентного катіонного заміщення для функціоналізації матеріалів у зазначених вище технічних застосуваннях.

Вирощування оксалатів РЗЕ за умов підвищеної температури здійснювали методом Чохральського [6]. Можливості методів вирощування кристалів при кімнатній температурі досліджено недостатньо. Окрім того, вони мають бути більш простими у виконанні.

Гель як середовище для вирощування кристалів був вперше запропонований та використаний Р. Фішером [7]. За умов швидкого розвитку технологій напів- і надпровідникових матеріалів протягом другої половини ХХ ст. актуальність залучення нових способів синтезу бездефектних монокристалів певного складу набула нового значення. Гель-метод став дуже популярним завдяки піонерським роботам Г. Геніша [7] та у зв'язку з потребою вирощувати монокристали.

Силікатний гель отримують, діючи на рідке скло органічною чи неорганічною кислотою. Позитивними рисами цього методу є можливість візуального контролю процесу вирощування. Гель діє як хімічно інертне

високов'язке середовище, сповільнює конвекційні та дифузійні процеси і зменшує ймовірність утворення зародків.

Надлишок кислоти визначає значення рН гелю. Вирощування проводять при кімнатній температурі або трохи вище. Швидкість росту визначається щільністю гелю, концентрацією реагуючих речовин у гелі, температурою гелю і конструкцією кристалізаційної апаратури [7].

Гель-метод успішно застосовується для вирощування кристалів оксалатів РЗЕ [8]. Як відомо, стабільні та важкорозчинні кристали оксалату кальцію використовують у хімічному аналізі для гравіметричного визначення та відділення кальцію [9]. З огляду на це, оксалат кальцію можна використати як матрицю для введення катіонів РЗЕ при вирощуванні кристалів у силікатному гелі.

Отже, гель-метод є досить перспективною та зручною технологією вирощування монокристалів сполук рідкісноземельних елементів (РЗЕ) з унікальними властивостями для створення лазерних та інших оптично активних і нелінійних елементів в оптоелектроніці.

Мета дослідження: розробити метод вирощування кристалів у силікатному гелі для кристалів складу  $\text{Ca}_{1-x}\text{R}_x\text{C}_2\text{O}_4$  ( $\text{R}$  — Eu, Sm, Ho, Pr, Nd), де  $x = 0,25$ , а також дослідити їх структурні властивості.

Методики експерименту. Морфологію та розмір кристалів оксалатів оцінювали методами оптичної (USB digital microscope (V1.8)) та електронної мікроскопії (растрово-електронний мікроскоп РЕМ-106 І). Елементний склад кристалів аналізували методом енергодисперсійної рентгенівської спектроскопії (ЕДС) від обраних мікроділянок поверхні (приставка до РЕМ-106 І). Дослідження з рентгенівської дифракції виконували на приладах серії ДРОН (Ni-фільтр,  $\text{CuK}\alpha$ -випромінювання,  $\lambda = 0,154178$  нм) з комп'ютерним інтерфейсом. Спочатку здійснювали якісний фазовий аналіз наявних у зразках кристалічних фаз за базою кристалографічних даних PDF-2, а також у програмі Match. Параметри кристалічної ґратки визначали із використанням серії програм COMPHYS LAB, НПО «Буревісник» (Санкт-Петербург, Росія). Повнопрофільний аналіз рентгенограм синтезованих порошкових зразків виконували методом Рітвельда [10] за допомогою комп'ютерних програм Powder Cell for Windows v 2.3 [11], FullProf.

ІЧ-спектроскопічні дослідження здійснювали на інфрачервоному Фур'є спектрометрі ФСМ-1201 з комп'ютерним інтерфейсом в області довжин хвиль  $400\text{—}4000\text{ см}^{-1}$ . Зразки гомогенізували з порошком KBr у співвідношенні 1:300 мг і пресували у прозорі таблетки (прямокутні пластинки розміром  $5\times 26\text{ мм}^2$ ).

Результати та обговорення. Умови одержання силікатного гелю потрібної консистенції визначали експериментально. Гель отримували з натрієвого рідкого скла виробництва фірми «Мальва», м. Дніпродзержинськ (ТУУ 21875464.004—98) з силікатним модулем 2,7—3,4. Досліджували такі кислоти:  $\text{HAc}$ ,  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ ,  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_4$  з різними співвідношеннями рідке скло : кислота = 1:1; 1:2; 2:3; 1:3; 3:5. Гель потрібної густини утворювався найкращим чином з ацетатною кислотою у співвідношенні рідке скло:  $\text{HAc}$  =

2:3. До рідкого скла додавали Нас до утворення гелю густиною  $\sim 1,20 \text{ г/см}^3$  та визначали оптимальний час його формування — 108 годин.

Для вирощування кристалів використовували U-подібні трубки, розраховані на об'єм 25 мл гелю. Умови визначали експериментально: у 10 мл рідкого скла густиною  $1,0379 \text{ г/см}^3$  додавали 15 мл 5% Нас ( $\text{pH} = 6$ ). Гель утворювався через 36 год, залишали його структуруватися ще на 72 год.

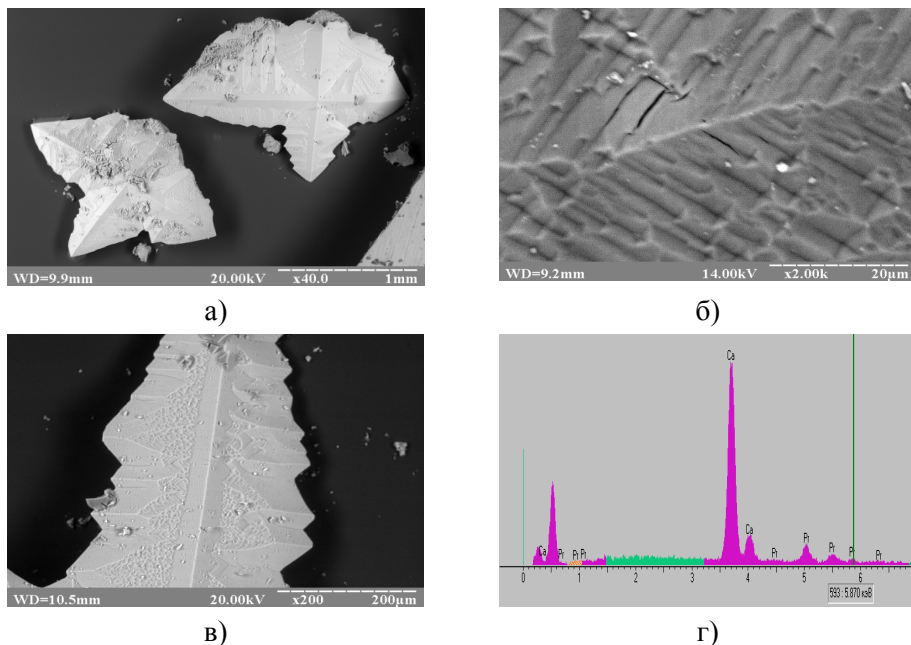
Титровані розчини нітратів рідкісноземельних елементів мали концентрацію (моль/л): 0,332 —  $\text{Pr}(\text{NO}_3)_3$ , 0,304 —  $\text{Ho}(\text{NO}_3)_3$ , 0,258 —  $\text{Eu}(\text{NO}_3)_3$ , 0,297 —  $\text{Sm}(\text{NO}_3)_3$ , 0,504 —  $\text{Nd}(\text{NO}_3)_3$  (ЧДА). Брали розраховані наважки  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  (ОСЧ) та  $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  (ХЧ); 5% розчин Нас (ХЧ). Наважку  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  розчиняли у невеликій кількості води та додавали розраховану кількість розчину нітрату рідкісноземельного елементу. Цю суміш наливали обережно в один отвір U-подібної трубки, а в інший отвір — розраховану кількість 1,4 г  $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ , попередньо також розчинену у воді. Кристали росли близько 10 тижнів. Зона кристалізації заміщеного оксалату кальцію являла собою дуже дрібні кристали, що утворювали шар товщиною 2—3 мм посередині трубки. Шар відділяли, обережно виймали з трубки та висушували в атмосферних умовах протягом 2—3 діб.

Вирощені та механічно відділені від силікатного гелю кристали  $\text{Ca}_{1-x}\text{R}_x\text{C}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  ( $\text{R} — \text{Eu, Sm, Ho, Pr, Nd}$ ) досліджували фізико-хімічними методами. Встановлено особливості морфології вирощених за таких умов кристалів методами оптичної й електронної мікроскопії. За допомогою оптичного мікроскопу виявлено дві фази у зоні кристалізації: прозору кристалічну й аморфну мутну. Візуально зафіксовано, що прозорі кристали найчастіше є кристалами-двійниками (рис. 1, а—в). Показано здатність таких кристалів до одночасного зростання у двох кристалографічних напрямках — двійникування, внаслідок чого кристали мають специфічну форму хрестоподібних крижинок. Повторюваність структурних елементів двійникування спостерігали при збільшенні до 1000 разів і більше на растровому електронному мікроскопі, що свідчить про фрактальність явища двійникування у вирощених з силікатного гелю кристалах (рис. 1, б).

Методом електронної растрової мікроскопії у поєднанні з елементним ЕДС аналізом від мікроділянок поверхні кристалів встановлено, що прозора кристалічна фаза містить Кальцій, РЗЕ, Карбон, тобто являє собою заміщенні РЗЕ оксалати кальцію (рис. 1, г).

ІЧ-спектри реєстрували для кристалічної й аморфної фаз, що містилися у механічно відділеній від іншої частини гелю області кристалізації. Як відомо, в області ІЧ-спектра від  $1000 \text{ см}^{-1}$  і більше спостерігаються коливання функціональних груп (оксалат-аніон, молекули води тощо). Два антисиметричних валентних коливання  $\text{C}=\text{O}$  оксалату спостерігається близько  $1600\text{—}1700 \text{ см}^{-1}$ , валентне коливання від  $\text{C}—\text{C}$  та  $\text{CO}$  спостерігаються при менших частотах —  $1400\text{—}1200 \text{ см}^{-1}$  [12]. Смути поглинання в зазначених діапазонах наявні у прозорій кристалічній фазі, це дозволяє підтвердити, наявність оксалат-іонів у зразках. За смугами поглинання вище  $3000 \text{ см}^{-1}$  нами також зафіксовано наявність молекул води. Аналіз ІЧ-спектрів зі статей [13, 14] дозволяє зробити висновок про подібність смуг поглинання і для діапазону до  $1000 \text{ см}^{-1}$ , що підтверджує

існування кристалічної прозорої фази оксалату кальцію на відміну від аморфної, що відповідає силікатному гелю.



**Рис. 1. Електронномікроскопічні зображення від допованих самарієм і празеодимом полікристалів оксалату кальцію  $\text{Ca}_{1-x}\text{R}_x\text{C}_2\text{O}_4\cdot\text{H}_2\text{O}$ , де  $\text{R} = \text{Sm}, \text{Pr}$  (зверху та знизу відповідно) зі збільшенням у 40, 200, 2000 разів (а—в) та енергодисперсійний спектр від мікроділянки кристалу  $\text{Ca}_{0,92}\text{Pr}_{0,08}\text{C}_2\text{O}_4\cdot\text{H}_2\text{O}$**

Кристалічну структуру  $\text{Ca}_{1-x}\text{R}_x\text{C}_2\text{O}_4$  ( $\text{R} = \text{Eu}, \text{Sm}, \text{Ho}, \text{Pr}, \text{Nd}$ ) досліджували рентгенівським методом. Проводили віднесення рефлексів зареєстрованих дифрактограм методами якісного фазового аналізу. З аналізу літератури, а також кристалографічної бази даних Американського мінералогічного товариства [15] відомо, що існує три фази кристалогідратів кальцій оксалату:  $\text{CaC}_2\text{O}_4\cdot\text{H}_2\text{O}$  (ювеліт, англ. «whewellite»),  $\text{CaC}_2\text{O}_4\cdot 2\text{H}_2\text{O}$  (ведделліт, англ. «weddellite») та  $\text{CaC}_2\text{O}_4\cdot 3\text{H}_2\text{O}$  (каоксіт, англ. «saxite»). Основною фазою у зразках є фаза моногідрату оксалату кальцію, ювеліту [16]. Недостатньо велика кількість накопичених кристалів ускладнювала кристалографічний аналіз їх структури методом Рітвельда з огляду на невисоке співвідношення сигнал/шум. З цієї причини параметри кристалічної ґратки визначали із використанням серії програм COMPHYS LAB, НПО «Буревісник» (Санкт-Петербург, Росія) за даними максимумів рефлексів рентгенограм (табл. 1). Індесування максимумів рентгенограм проводили за фазою ювеліту з використанням даних [17]. Одержані параметри кристалічної ґратки наведені у табл. 1.

Найбільш інтенсивні піки від кристалічної фази були зафіксовані на рентгенограмі зразка, допованого самарієм. Рефлекси від кристалічної фази практично не зареєстровано для зразка з європієм. Зразки з неодимом і гольмієм займають проміжне положення.

Таблиця 1. Параметри елементарної комірки фази ювеліту зразків  $\text{Ca}_{1-x}\text{R}_x\text{C}_2\text{O}_4\cdot\text{H}_2\text{O}$  (R — Nd, Sm, Ho) та катіонні радіуси введених РЗЕ за Шенноном [18]

|                    | $\text{Ca}_{1-x}\text{R}_x\text{C}_2\text{O}_4\cdot\text{H}_2\text{O}$ |        |        |
|--------------------|------------------------------------------------------------------------|--------|--------|
|                    | R = Nd                                                                 | R = Sm | R = Ho |
| a, нм              | 0,629                                                                  | 0,630  | 0,631  |
| b, нм              | 1,464                                                                  | 1,467  | 1,469  |
| c, нм              | 1,005                                                                  | 1,003  | 1,003  |
| $\beta$ , °        | 109,5                                                                  | 109,6  | 110,5  |
| V, нм <sup>3</sup> | 872,95                                                                 | 873,47 | 870,66 |

Наведені у табл.1 катіонні радіуси  $\text{R}^{3+}$  є близькими до катіонного радіуса  $\text{Ca}^{2+}$  у такій самій координації за Шенноном ( $\text{R}(\text{Ca}^{2+}) = 0,126$  нм) [18]. Звідси випливає можливість заміщення кальцію катіоном РЗЕ у кристалічній ґратці оксалату кальцію. Однак за результатами оцінок параметрів елементарної комірки кристалічної ґратки зрозуміло, що введення катіону РЗЕ не чинить безпосередній вплив як на параметри a, b, c елементарної комірки, так і на її об'єм з огляду на великий об'єм елементарної комірки ювеліту, яка виступає компенсатором структурних ефектів від входження у елементарну комірку кристалічної ґратки катіонів РЗЕ. Серед інших причин слід також відмітити незначну концентрацію катіонів РЗЕ, введених у кристали кальцію оксалату; наявність ще одного змінного параметра — кристалізаційної води, а також дефектність структури внаслідок заміщення катіонів  $\text{Ca}^{2+}$ .

У табл. 2 наведено склад ізоморфно заміщених сполук із структурою ювеліту, ступінь заміщення та середній іонний радіус катіонної позиції (R̄). З табл.2 видно, що максимальне заміщення кальцію відбувається при входженні катіонів гольмію, причому R̄ є мінімальним, найменше входження іону лантанію спостерігається для самарію. Враховуючи те, що структура ювеліту є не щільно упакованою та низько симетричною, нам не вдалося знайти кореляційну залежність між середнім іонним радіусом катіонної позиції та ступенем заміщення.

Таблиця 2. Ступінь заміщення, середній іонний радіус катіонної позиції і хімічний склад заміщених оксалатів кальцію із структурою ювеліту,  $\text{Ca}_{1-x}\text{R}_x\text{C}_2\text{O}_4\cdot\text{H}_2\text{O}$  (R — Pr, Nd, Sm, Ho, Eu)

| Ступінь заміщення x | Середній іонний радіус катіонної позиції, нм | Хімічний склад                                                                |
|---------------------|----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| 0,078               | 0,126                                        | $\text{Ca}_{0,92}\text{Pr}_{0,08}\text{C}_2\text{O}_4\cdot\text{H}_2\text{O}$ |
| 0,085               | 0,126                                        | $\text{Ca}_{0,91}\text{Nd}_{0,09}\text{C}_2\text{O}_4\cdot\text{H}_2\text{O}$ |
| 0,048               | 0,125                                        | $\text{Ca}_{0,95}\text{Sm}_{0,05}\text{C}_2\text{O}_4\cdot\text{H}_2\text{O}$ |
| 0,085               | 0,125                                        | $\text{Ca}_{0,91}\text{Eu}_{0,09}\text{C}_2\text{O}_4\cdot\text{H}_2\text{O}$ |
| 0,083               | 0,123                                        | $\text{Ca}_{0,92}\text{Ho}_{0,08}\text{C}_2\text{O}_4\cdot\text{H}_2\text{O}$ |

Отже, методом рентгенівської дифракції встановлено наявність основної фази ювеліту — кристалогідрату оксалату кальцію,  $\text{CaC}_2\text{O}_4\cdot\text{H}_2\text{O}$  у продукті

взаємодії оксалату амонію і нітратів кальцію та РЗЕ. Розраховані параметри елементарної комірки фази ювеліту.

### Висновки

Вперше розроблено умови вирощування, одержано та досліджено кристали загального складу  $\text{Ca}_{1-x}\text{R}_x\text{C}_2\text{O}_4\cdot\text{H}_2\text{O}$ , ізоморфні ювеліту ( $\text{R} = \text{Eu}, \text{Sm}, \text{Ho}, \text{Pr}, \text{Nd}$ ). Середовищем був силікатний гель в U-подібній трубці, в якому з різних кінців дифундували оксалат-іони і катіони металів протягом 10 тижнів. Встановлено наявність катіонів рідкоземельних елементів (РЗЕ) у вирощених кристалах методом енергодисперсійної спектроскопії. Показано здатність таких кристалів до двійникування (одночасного зростання у двох кристалографічних напрямках). Повторюваність структурних елементів двійникування є свідченням фрактальності цього явища у вирощених з силікатного гелю кристалах. Зафіксовано фазу ювеліту — кристалогідрату оксалату кальцію,  $\text{CaC}_2\text{O}_4\cdot\text{H}_2\text{O}$  у продукті взаємодії оксалату амонію і нітратів кальцію та РЗЕ та розраховані параметри елементарної комірки кристалічної ґратки заміщених оксалатів. Доведено перспективність застосування гель-методу для вирощування кристалів заміщених РЗЕ оксалату кальцію як функціональних монокристалічних сполук РЗЕ із заданими властивостями з метою подальшого створення нових лазерних та інших оптично активних і нелінійних елементів в оптоелектроніці.

### Література

1. *Lingling P., Tao H., Hui C. and Tiejun Z.* Spectroscopic properties of  $\text{Gd}_2\text{O}_3$ :  $\text{Dy}^{3+}$  nanocrystals // *J. Rare Earths.* — 2013. — 31(3). — P. 235—240.
2. *Eyring L.* Progress in Science and Technology of Rare Earths. — New York: Pergamon Press. — 1964. — 237 p.
3. *Ge Z., Zhipeng C., Yurong S., Yuhua W.* Synthesis and photoluminescence properties of a red emitting phosphor  $\text{NaSr}_2(\text{NbO}_3)_5\text{:RE}^{3+}$  ( $\text{RE} = \text{Sm}, \text{Pr}$ ) for white LEDs // *J. Rare Earths.* — 2013. — 31(11). — P. 1049—1052.
4. *Caillaud F., Baumard J.F. and Smith A.* A model for the preparation of  $\text{Yb}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$  orthorhombic phase by controlled precipitation of oxalates // *Mater. Res. Bull.* — 1988. — 23. — P. 1273—1283.
5. *Zhang X., Xing Y., Wang C., Han J., Li J., Ge M., Zeng X., Niu S.* Lanthanide-alkali metals-oxalates coordination polymers: Synthesis and structures of  $[\text{Nd}(\text{C}_2\text{O}_4)_2(\text{H}_2\text{O})_3]\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Nd}(\text{C}_2\text{O}_4)(\text{CH}_3\text{COO})(\text{H}_2\text{O})$ ,  $\text{KLn}(\text{C}_2\text{O}_4)_2(\text{H}_2\text{O})_4$  ( $\text{Ln} = \text{Y}, \text{Tb}$ ) // *Inorg. Chim. Acta.* — 2009. — 362(4). — P. 1058—1064.
6. *Brixner L.H.* Single crystal growth of the  $\text{Ln}_2(\text{MoO}_4)_3$ -type rare earth molybdates // *J. Cryst. Growth.* — 1973. — 18. — P. 297—302.
7. *Гениш Г.* Выращивание кристаллов в гелях / Г. Гениш. — М.: Мир, 1973. — 112 с.
8. *Korah I., Joseph C., Ittyachen M.A.* Growth and Structural Characterization of Gadolinium Neodymium Oxalate Crystals Grown in Hydro-Silica Gel // *J Minerals & Materials Characterization & Engineering.* — 2010. — 9, No.12. — P. 1081—1086.
9. *Фрумина Н.С., Кручкова Е.С., Муштакова С.П.* Аналитическая химия кальция. — М.: Наука, 1974. — 252 с.

10. *Gladyshevskii R.E.* Methods to determine crystal structures. Textbook. — Lviv: Publishing center of I. Franko National University of Lviv, 2007. — 135 p.
11. *Kraus W.* Powder Cell for Windows v. 2.3. — Federal Institute for Materials Research and Testing. — Berlin, 1999.
12. *Накомото К.* ИК-спектры и спектры КР неорганических и координационных соединений / К. Накомото. — М.: Мир, 1991. — 536 с.
13. *Valarmathi D., Abraham L., Gunasekaran S.* Growth of calcium oxalate monohydrate crystal by gel method and its spectroscopic analysis // *Indian J. of pure and applied Physics.* — 2010. — Vol. 48, January. — P. 36—38.
14. *Jian-Ming Ouyang, Sui-Ping Deng, Na Zhou, Bernd Tieke.* Effect of tartrates with various counterions on the precipitation of calcium oxalate in vesicle solutions // *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects.* — 2005. — 256, No. 1. — P. 21—27.
15. *Mineralogical Society of America.* Handbook of Mineralogy© Mineral Data Publishing, version 1. — 2001—2005 (дата доступу 05.12.2013) <http://www.handbookofmineralogy.com>.
16. *Deganello S. and Piro O.* The crystal structure of calcium oxalate monohydrate (whewellite) // *Neues Jahrb. Mineral., Monatsh.* — 1981. — P. 81—88.
17. *Tazzoli V, Domeneghetti M C* The crystal structures of whewellite and weddellite: re-examination and comparison // *American Mineralogist.* — 65. — 1980. — P. 327—334.
18. *Shannon R. D.* Revised effective ionic radii and systematic studies of interatomic distances in halides and chalcogenides / R. D. Shannon // *Acta crystallogr.* — 1976. — A 32. — P. 751.

## **ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КРИСТАЛЛОВ ЗАМЕЩЕННЫХ ОКСАЛАТОВ $\text{Ca}_{1-x}\text{R}_x\text{C}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (R—Eu, Sm, Ho, Pr, Nd), ВЫРАЩЕННЫХ В СИЛИКАТНОМ ГЕЛЕ**

**А.Г. Дзязько**

*Киевский национальный университет им. Тараса Шевченко*

**О.Я. Кипоренко**

*Украинский физико-математический лицей КНУ им. Т. Шевченко*

**Г.В. Сокольский**

*Национальный университет пищевых технологий*

**Т.Г. Сокольский**

*Гимназия № 178, г. Киев*

**А.В. Куцев**

*Национальный авиационный университет*

*В статье впервые разработаны условия выращивания в силикатном геле, получены и исследованы кристаллы общего состава  $\text{Ca}_{1-x}\text{R}_x\text{C}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  (R — Eu, Sm, Ho, Pr, Nd). Установлено присутствие катионов редкоземельных элементов (РЗЭ) в выращенных кристаллах методом энергодисперсионной спектроскопии.*

Показана способность таких кристаллов к двойникованию (одновременному росту в двух кристаллографических направлениях). Повторяемость структурных элементов двойникования является свидетельством фрактальности этого явления в выращенных из силикатного геля кристаллах. Зафиксировано присутствие фазы ювеллита — монокристаллогидрата оксалата кальция,  $\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  в продукте взаимодействия оксалата аммония и нитратов кальция и РЗЭ и рассчитаны параметры элементарной ячейки кристаллической решетки замещенных оксалатов. Показана перспективность применения геля-метода для выращивания кристаллов замещенных РЗЭ оксалата кальция с заданными свойствами для новых лазерных и других оптически активных и нелинейных элементов в оптоэлектронике.

**Ключевые слова:** кристаллическая структура, двойникование, замещенные оксалаты, редкоземельные элементы, силикатный гель, выращивание кристаллов.

## ДО ВІДОМА АВТОРІВ

### Шановні колеги!

Редакційна колегія журналу «Наукові праці НУХТ» запрошує Вас до публікації наукових робіт.

### ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ СТАТЕЙ

Статті мають бути підготовлені з урахуванням Постанови Президії ВАК України № 7-05/6 «Про підвищення вимог до фахових видань, внесених до переліків ВАК України». Друкуються наукові статті, які мають такі необхідні елементи: постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями; аналіз останніх досліджень і публікацій, у яких започатковано розв'язання певної проблеми і на які спирається автор; виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, яким присвячується означена стаття; формулювання цілей статті (постановка завдання); виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів; висновки з цього дослідження і перспективи подальших розвідок у цьому напрямі.

До публікації приймаються не опубліковані раніше статті, що містять результати фундаментальних теоретичних розробок і найзначніших прикладних досліджень викладачів, наукових співробітників, докторантів, аспірантів і студентів. Усі статті підлягають обов'язковому рецензуванню провідними спеціалістами у відповідній галузі харчових технологій, яких призначає науковий редактор журналу.

Рукопис статті надсилається у двох примірниках, українською мовою, включаючи таблиці, рисунки, список літератури.

Статті подаються у вигляді вичитаних роздруківок 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 не повинен перевищувати 10 сторінок!**

### СТРУКТУРА СТАТТІ:

1. **УДК.**

2. **НАЗВА СТАТТІ** (англійською, українською та російською мовами).

3. **Автори статті** (англійською, українською та російською мовами).

4. *Установа, в якій виконана робота* (англійською, українською та російською мовами).

5. **Анотація** (15 — 20 рядків англійською, українською та російською мовами). Анотація має містити коротку інформацію про мету, об'єкт та методику досліджень, основні результати та рекомендації щодо їх застосування.

6. **Ключові слова** (5 — 6 слів/ключових словосполучень англійською та українською мовами).

У кінці першої сторінки, під короткою рисою, ставиться знак авторського права, ініціали, прізвища авторів, рік.

У кінці тексту статті окремим абзацом наводяться висновки (слово «**Висновки**» — напівжирним курсивом).

Після тексту статті в алфавітному або порядку цитування в тексті наводиться список літературних джерел (кожне джерело з абзацу). Бібліографічні описи оформляються згідно з ГОСТ 7.1-84 «Библиографическое описание документа. Общие требования и правила составления». 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 роботи останніх років.

Прізвища іноземних авторів у тексті статті треба наводити в українській транскрипції.

Після тексту анотацій і ключових слів наводиться фраза «Одержана редколлегією (дата)» (набрана світлим курсивом). За дату одержання статті вважають дату надходження її до редакції.

**Обов'язково зазначається в кінці тексту електронна адреса автора.**

Роздрукований варіант статті підписують усі автори.