



---

---

2019

---

# НАУКОВІ ПРАЦІ

## НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Том 25 № 2

*Журнал  
«Наукові праці Національного університету харчових технологій»  
видається з 1938 року*

КИЇВ ✦ НУХТ ✦ 2019

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

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

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

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

- Index Copernicus
- EBSCOhost
- Google Scholar

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

**Editorial office address:**

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

Recommended for publication by the Academic Council of the National University of Food Technologies. Minutes of meeting # 12 from 21st of June, 2019

© NUFT, 2019

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

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

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

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

- Index Copernicus
- EBSCOhost
- Google Scholar

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

**Адреса редакції:**

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

Рекомендовано вченою радою Національного університету харчових технологій. Протокол № 12 від 21 червня 2019 року

© НУХТ, 2019

## Редакційна колегія

Склад редакційної колегії журналу

«Наукові праці Національного університету харчових технологій»

**Головний редактор**  
**Editor-in-Chief**

**Анатолій Українець**  
**Anatoliy Ukrainets**

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

**Заступник головного редактора**  
**Deputy chief editor**

**Олександр Шевченко**  
**Olexander Shevchenko**

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

**Відповідальний секретар**  
**Accountable secretary**

**Юрій Пенчук**  
**Yuriy Penchuk**

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

## Члени редакційної колегії:

**Агота Гедре Райшене**  
**Agota Giedre Raisiene**

д-р екон. наук, Литва  
Ph. D. Hab., Lithuanian Institute of Agrarian Economics,  
Lithuania

**Атанаска Тенева**  
**Atanaska Teneva**

д-р екон. наук, доц., Болгарія  
Ph. D. Hab., University of Food Technologies, Bulgaria

**Анатолій Зайнчковський**  
**Anatoly Zainchkovskiy**

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

**Анатолій Ладанюк**  
**Anatoly Ladanyuk**

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

**Андрій Маринін**  
**Andrii Marynin**

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

**Брайан Мак Кенна**  
**Brian McKenna**

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

**Валерій Мирончук**  
**Valerii Myronchuk**

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

**Василь Кишенько**  
**Vasyl Kyshenko**

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

**Василь Пасічний**  
**Vasyl Pasichnyi**

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

**Віктор Доценко**  
**Victor Dotsenko**

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

**Віктор Стабніков**  
**Viktor Stabnikov**

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

**Володимир Зав'ялов**  
**Volodymyr Zavialov**

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

<b>Володимир Іванов</b> <b>Volodymyr Ivanov</b>	д-р. біол. наук, проф., Україна Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
<b>Галина Колісник</b> <b>Halyna Kolisnyk</b>	д-р екон. наук, проф., Україна Ph. D. Hab., Prof., Uzhhorod National University, Ukraine
<b>Галина Поліщук</b> <b>Halyna Polishchuk</b>	д-р техн. наук, проф., Україна Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
<b>Герхард Шльонінг</b> <b>Gerhard Schleining</b>	д-р техн. наук, Австрія Ph. D. Hab., Prof., University of Natural Resources, Austria
<b>Дайва Лескаускайте</b> <b>Daiva Leskauskaite</b>	д-р техн. наук, проф., Литва Ph. D. Hab., Prof., Kaunas University of Technology, Lithuania
<b>Ірина Штулер</b> <b>Iryna Shtuler</b>	д-р екон. наук, проф., Україна Ph. D. Hab., Prof., National academy of management
<b>Кристина Сильва</b> <b>Cristina L.M. Silva</b>	д-р техн. наук, проф., Португалія Ph. D. Hab., Prof., University de Catolica, Portuguesa
<b>Лада Шірінян</b> <b>Lada Shirinyan</b>	д-р екон. наук, проф., Україна Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
<b>Лариса Арсеньєва</b> <b>Larisa Arsenyeva</b>	д-р техн. наук, проф., Україна Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
<b>Наталія Луцька</b> <b>Nataliia Lutska</b>	канд. техн. наук, доц., Україна Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
<b>Олександр Бутнік-Сіверський</b> <b>Oleksandr Butnik-Siverskyi</b>	д-р екон. наук, проф., Україна Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
<b>Олександр Гавва</b> <b>Oleksandr Gavva</b>	д-р техн. наук, проф., Україна Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
<b>Олександр Кургаєв</b> <b>Oleksandr Kurgaev</b>	д-р техн. наук, проф., Україна Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
<b>Олена Дерев'янка</b> <b>Olena Derevianko</b>	д-р екон. наук, проф., Україна Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
<b>Олена Стабнікова</b> <b>Olena Stabnikova</b>	канд. техн. наук, доц., Україна Ph. D. As., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
<b>Паола Піттія</b> <b>Paola Pittia</b>	д-р техн. наук, проф., Італія Ph. D. Hab., Prof., University of Teramo, Italy
<b>Саверіо Манніно</b> <b>Saverio Mannino</b>	д-р хім. наук, проф., Італія Ph. D. Hab., Prof., University of Milan, Italy
<b>Світлана Бондаренко</b> <b>Svitlana Bondarenko</b>	д-р хім. наук, проф., Україна Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
<b>Світлана Літвінчук</b> <b>Svitlana Litvynchuk</b>	канд. техн. наук, доц., Україна Ph. D. As., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
<b>Сергій Чумаченко</b> <b>Serhii Chumachenko</b>	д-р техн. наук, ст. наук. сп., Україна Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
<b>Хууб Лелієвельд</b> <b>Huub Lelieveld</b>	Нідерланди Ph. D. Hab., Prof., President of the Global Harmonization Initiatives, Netherlands

## ЗМІСТ

### **Автоматизація та інформаційні технології**

Ладанюк А.П., Власенко Л.О., Луцька Н.М., Смітюх Я.В. Проблема забезпечення стійкості інтелектуальних систем керування технологічними об'єктами

Горілий В.Ю., Мошенський А.О. Програмно-апаратний комплекс для моніторингу торф'яних пожеж на радіоактивно забрудненій території

### **Біотехнологія і мікробіологія**

Пирог Т.П., Никитюк Л.В., Палійчук О.І., Луцай Д.А. Стратегія одержання мікробних поверхнево-активних речовин зі стабільними заданими властивостями

Скороцький С.О., Хоменко Л.А., Підгорський В.С. Альгінат натрію як основа для іммобілізації та концентрування бактерій роду *Clostridium*

Данилюкович А., Білінський С. Застосування нано-SiO<sub>2</sub> в технології виробництва еластичних шкір

Покойовець К.Ю., Грегірчак Н.М. Дослідження пробіотичного покриття для харчових продуктів

### **Економіка і соціальний розвиток**

Бойко С.В., Дячук Я.С. Безпека місцевих бюджетів у контексті бюджетної децентралізації в Україні

Ємцев В.І., Ємцева Г.Ф. Соціально-економічні аспекти виробництва органічної продукції в Україні

Драган О.І. Концептуальний підхід до управління талантами на підприємствах харчової галузі

Бергер А.Д. Методичний підхід до обрання цінової стратегії на підприємствах м'ясопереробної галузі

Мазник Л.В. Соціально-відповідальні трудові практики: контекст працевлаштування

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

Пonomarenko В.В., Пушанко М.М., Слюсенко А.М., Єщенко О.А. Вплив фізичних властивостей рідин на роботу рідинно-газових ежекторів

Марценюк О.С., Малєжик І.Ф., Зоткіна Л.В. Тарілчасті апарати та їх удосконалення

Шевченко О.Ю., Соколенко А.І., Степанець О.І., Бут С.А. Термодинамічна оцінка процесів рекуперації вторинних енергетичних ресурсів

### **Тепло- і енергопостачання**

Мазуренко О.О., Харченко Л.Л., Коломієць Д.П., Мазуренко О.Г. Спосіб спільного визначення теплофізичних характе-

## CONTENTS

### **Automation and Information Technologies**

7 Ladanyuk A., Vlasenko L., Lutska N., Smityuh Y. The problem of ensuring the stability of intelligent control system of technological objects

16 Horilyi V., Moshenskyi A. Computer appliance for monitoring peat fires in radioactively contaminated areas

### **Biotechnology and Microbiology**

22 Pirog T., Nikitiuk L., Paliichuk O., Lutsai D. The strategy of obtaining microbial surfactants with stable preset properties

33 Skrotskyi S., Khomenko L., Pidgorskyi V. Sodium alginate as a basis for immobilization and concentrating of bacteria of genus *Clostridium*

48 Danylkovych A., Bilinskii S. Nano-SiO<sub>2</sub> application in the manufacturing technology of elastic skins

58 Pokoiovets K., Hrehirchak N. Research of probiotic coating for food products

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

66 Boiko S., Diachuk Ya. Security of local budgets for the purposes of budget decentralization in Ukraine

75 Yemtsev V., Yemtseva G. Socio-economic aspects of organic production manufacturing in Ukraine

86 Dragan O. Conceptual approach to talent management at food enterprises

96 Berher A. Methodic approach to the selection of price strategy at enterprises of the meat processing industry

105 Maznyk L. Social-responsible labor practices: the context of employment

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

111 Ponomarenko V., Pushanko N., Slyusenko A., Yeschenko O. Influence of physical properties of liquid on operation of liquid-gas ejectors

121 Martsenyuk A., Malejik I., Zotkina L. The plate-type apparatuses and their improvement

134 Shevchenko O., Sokolenko A., Stepanets O., But S. Thermodynamic evaluation of secondary energy resources recuperation processes

### **Heat and Electricity**

144 Mazurenko O., Kharchenko L., Kolomyiets D., Mazurenko O. Method of joint determination of thermophysical characteristics of materials

ристик матеріалів і метрологічних характеристик теплометричного приладу

*Засць Н.А., Штена В.М.* Концепція використання водоочисного електродіалізного обладнання при нештатних ситуаціях на харчових виробництвах

*Павелко В.І., Мудрак Б.О.* Удосконалення системи утилізації теплоти гвинтового компресорного агрегату RENNERS-132

#### Харчові технології

*Олійник С.І., Куц А.М., Острик О.А., Ковальчук В.П., Бей Р.В.* Прогнозування стійкості лікєро-горілчанних напоїв

*Цихановська І.В., Александров О.В., Кайда Н.С., Євлаш В.В., Коваленко З.І.* Удосконалення технології зефіру біло-рожевого з використанням харчової добавки «Магнетофуд»

*Пашиова Н.В., Волощук Г.І., Фоменко В.В., Манк В.В.* Вплив борошна Знежиреного насіння олійних культур і топинамбура на черствіння житнього хліба

*Пасічний В.М., Гармаш Д.В., Лободіна Н.Е., Кривобік Р.А.* Дослідження органолептичних показників при довготривалому дозріванні м'яса яловичини

*Роботко А.Ю., Чорна А.І., Шульга О.С.* Їстівний посуд — піклування про екологічне майбутнє планети

*Павлюченко О.С., Фурманова Ю.П., Шаповаленко О.І., Радькевич С.М.* Удосконалення технології печива на основі вівсяних пластівців для закладів ресторанного господарства

*Сімахіна Г.О., Науменко Р.Ю.* Обґрунтування складу та способу отримання композиції харчових волокон різноспрямованої дії

*Українець А.І., Фролова Н.Е.* Аналітична інформація про стан використання ароматизаторів у світі і в Україні та можливості розвитку вітчизняного виробництва

*Дорохович В.В., Донець А.С., Суліма В.С., Дорошенко Т.В.* Вплив мальтитола, ізомальтитола, еритритолола на формування клейковинного комплексу

*Устименко І.М., Поліщук Г.Є.* Наукове обґрунтування складу сметанного продукту

*Пахомська О.В.* Науковий підхід до створення хлібобулочних виробів функціонального призначення

and metrological characteristics of the thermometric device

160 *Zaiets N., Shtepa V.* The concept use of electrodiators in the water treatment equipment in response to sublethal situations in food production

170 *Pavelko V., Mudrak B.* Retrofitting RENNERS-132 screw compressor unit waste heat recovery system

#### Food Technology

177 *Oliynyk S., Kuts A., Ostryk O., Kovalchuk V., Bey R.* Prediction of the stability of the Distillery drinks

186 *Tsykhanovska I., Alexandrov A., Kaida N., Evlash V., Kovalenko Z.* Improving the technology of white-pink marshmallow using food additive "Magnetofood"

204 *Pashova N., Voloshchuk G., Fomenko V., Mank V.* The influence of the flour of partially defatted oil seeds and artichoke on rye bread staling

217 *Pasichnyi V., Garmash D., Lobodina N., Kryvobik R.* Research of organoleptic parameters during long-term ripening of meat

225 *Robotko A., Chorna A., Shulga A.* Edible utensils is caring about the environment future of the planet

234 *Pavliuchenko O., Furmanova Y., Shapovalenko O., Radkevych S.* Improvement of cookies' technology on the basis of oat flakes for restaurant establishments

243 *Simakhina G., Naumenko R.* Proving the composition and the methods to obtain the complex of food fibers with variously oriented action

251 *Ukrainets A., Frolova N.* The analytical information about status of flavors usage in the world and in Ukraine and possibilities of domestic production development

261 *Dorohovych V., Donets A., Sulyma V., Doroshenko T.* Influence of maltitol, isomaltitol, erythritol on the formation of gluten complex

267 *Ustymenko I., Polischuk G.* Scientific substantiation of the composition of the sour cream product

276 *Pahomska O.* Scientific approach to the creation of bakery products of high functional purpose

## THE CONCEPT USE OF ELECTRODIALTORS IN THE WATER TREATMENT EQUIPMENT IN RESPONSE TO SUBTLEMENTAL SITUATIONS IN FOOD PRODUCTION

**N. Zaiets**

*National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine*

**V. Shtepa**

*Kiev National University of Technology and Design*

---

**Key words:**

*Electrotechnological complex  
Automation  
Abnormal situation  
Maximum permissible concentration  
Electrodialysis*

---

**Article history:**

Received 11.03.2019  
Received in revised form 01.04.2019  
Accepted 19.04.2019

---

**Corresponding author:**

N. Zaiets

**E-mail:**

npuht@ukr.net

**ABSTRACT**

---

The article assesses the relevance of the solution of the scientific and technical problem of improving the approaches to the removal of pollutants from the wastewater of food production, taking into account emergency situations. Key pollutants of dairy, bakery, alcohol and sugar enterprises were identified. On the basis of systematization of types of pollutants from wastewater of enterprises, a list of pollutants with the largest concentrations has been formed and typical ways to eliminate them are presented. A classification of wastewater pollutants and methods for their purification are proposed, based on the specifics of real objects by analyzing the recommendations of regulatory documents for designing wastewater treatment systems to the maximum allowable concentrations.

Gradation of emergency situations in the context of the environmental safety and the ability of treatment plants to counteract their negative consequences was developed. The architecture of the system for removing pollutants from food production effluents is complemented by a block for utilization of concentrated wastewater. The existing technical solutions for deep water purification are analyzed and it is proposed to use the electro dialysis installation electro-technological complex in emergency situations.

An imitative assessment of the energy parameters of using electro dialysis equipment was carried out at various static values of the quality of the aqueous solution and performance indicators. The calculation of the parameters of the imitative study of the electro dialysis water treatment process was based on the typical recommendations of electro dialysis designing, and the value of wastewater flow rates varied from 20 m<sup>3</sup>/h to 110 m<sup>3</sup>/h with a step of 30 m<sup>3</sup>/h. The results of the simulation assessment demonstrated the acceptability of the proposed approach to the application of electrical technologies in emergency situations in the food industry.

---

**DOI:** 10.24263/2225-2924-2019-25-2-18

---

## КОНЦЕПЦІЯ ВИКОРИСТАННЯ ВОДООЧИСНОГО ЕЛЕКТРОДІАЛІЗНОГО ОБЛАДНАННЯ ПРИ НЕШТАТНИХ СИТУАЦІЯХ НА ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВАХ

**Н.А. Засць**

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

**В.М. Штепа**

*Київський національний університет технологій та дизайну*

*У статті оцінено актуальність вирішення науково-технічного завдання удосконалення підходів щодо видалення забруднювачів зі стічних вод харчових виробництв з урахуванням нештатних ситуацій. Виділено ключові забруднювачі стоків молокозаводу, хлібокомбінату, спиртового та цукрового підприємств. На основі систематизації типів забруднювачів стічних вод підприємств сформовано перелік забруднювачів із найбільшими концентраціями та представлено типові способи їх усунення. Запропоновано класифікацію забруднювачів стічних вод і способів їх очищення, виходячи зі специфіки реальних об'єктів за допомогою аналізу рекомендацій нормативних документів проектування систем очищення стоків до гранично допустимих концентрацій.*

*Розроблено градацію нештатних ситуацій у контексті екологічної безпеки довкілля та здатності очисних споруд протидіяти їхнім негативним наслідкам. Архітектуру системи видалення забруднювачів із стоків харчових виробництв доповнено блоком утилізації концентрованих стічних вод. Проаналізовано існуючі технічні рішення глибокого водоочищення та запропоновано при нештатних ситуаціях використовувати електротехнологічний комплекс електродіалізної установки.*

*Проведено імітаційну оцінку енергетичних параметрів використання електродіалізного обладнання при різних статичних значеннях якості водного розчину та експлуатаційних показників. Розрахунок параметрів імітаційного дослідження процесу електродіалізного водоочищення базувався на типових рекомендаціях проектування електродіалізерів, а значення витрат стічних вод змінювалось від 20 м<sup>3</sup>/год до 110 м<sup>3</sup>/год із кроком 30 м<sup>3</sup>/год. Отримані результати імітаційної оцінки продемонстрували прийнятність запропонованого підходу застосування електротехнологій при нештатних ситуаціях на харчових виробництвах.*

**Ключові слова:** *електротехнологічний комплекс, автоматизація, нештатна ситуація, гранично допустима концентрація, електродіаліз.*

**Постановка проблеми.** Стічні води підприємств харчової промисловості — це складна фізико-хімічна система, різноманітна як щодо компонентного складу, так і за концентрацією, в якій поряд із розчиненими речовинами містяться частинки різного ступеня дисперсності. Такі стоки містять: жир, молоко, шерсть, кров, солі, мінеральні нерозчинні домішки, миючі засоби тощо.



Ці води характеризуються високими показниками біологічного споживання кисню (БСК), хімічного споживання кисню (ХСК), зважених речовин тощо. При цьому в результаті дії нештатних ситуацій (НС) можливі залпові викиди забруднювачів, коли останні значно перевищують свої проектні значення, створюючи значну екологічну небезпеку для довкілля, що вимагає впровадження у реальний сектор економіки України новітніх методик використання технічних засобів превентивної протидії таким НС.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Без попереднього очищення стоки підприємств харчової індустрії не можуть бути спрямовані на комунальні очисні споруди або в природні водойми. Таке їх надходження призведе до порушення кисневого режиму, видовому зміни мікрофлори та інших негативних процесів [1]. Крім того, стічні води цієї категорії, потрапляючи в каналізаційну мережу, призводять до корозії колекторів, замулювання трубопроводів, збільшують обсяги подачі повітря на аерацію тощо [2].

Застосовувані на промислово-комунальних об'єктах методи і технології очищення висококонцентрованих стоків є недосконалими (головним чином через незначну кількість існуючих вимірювальних комплексів, здатних працювати у режимі реального часу), і, в ряді випадків, не забезпечують необхідний ступінь очищення й утилізацію всіх побічних продуктів [3]. Крім того, застосовувані рішення не завжди є економічно обґрунтованими й енергетично ефективними. При цьому на етапі проектування комплексно не враховується потенційна дія НС, що негативно впливає на експлуатаційну надійність електротехнологічного комплексу харчових виробництв [6].

Тож удосконалення підходів до видалення забруднювачів зі стічних вод з урахуванням НС є актуальним і перспективним науко-технічним завданням.

**Мета дослідження:** обґрунтування концепції удосконалення науково-технічних рішень видалення забруднювачів зі стоків підприємств харчової індустрії з урахуванням потенційної дії НС шляхом використання електротехнологічних засобів водоочищення.

**Матеріали і методика.** На основі систематизації забруднювачів стічних вод молокозаводу, хлібокомбінату, спиртового та цукрового підприємств [4] отримано перелік забруднювачів із найбільшими концентраціями та представлено типові способи їх усунення (табл. 1). Аналіз рекомендацій нормативних документів проектування систем очищення стоків до гранично допустимих концентрацій (ГДК) дав змогу запропонувати такі способи очищення: механічний, біологічний, хімічний, фізико-хімічний, реалізуючи їх комбінацію з огляду на специфіку реальних об'єктів (табл. 1).

*Таблиця 1. Класифікація забруднювачів стічних вод і способів їх очищення*

№ п/п	Забруднювач із максимальною концентрацією	Базові способи очищення стоків від забруднювачів
1	2	3
1	Окислюваність (понад 500 мгО <sub>2</sub> /л; при нормативних вимогах — 5—7 мгО <sub>2</sub> /л)	Хімічний, біологічний, фізико-хімічний
2	Запах (понад 60 балів; при нормативних вимогах — 2 бали)	Хімічний, біологічний, фізико-хімічний

*Продовження табл. 1*

1	2	3
3	БСК <sub>пов</sub> (понад 3000 мгО <sub>2</sub> /л; при нормативних вимогах — 3 мгО <sub>2</sub> /л)	Хімічний, біологічний, фізико-хімічний
4	ХСК (понад 4000 мгО <sub>2</sub> /л; при нормативних вимогах — біля 15-30 мгО <sub>2</sub> /л)	Хімічний, біологічний, фізико-хімічний
5	pH (діапазон 4—7; при нормативних вимогах — 6,5—8,5)	Хімічний, фізико-хімічний
6	Фосфор загальний (понад 16 мг/л; при нормативних вимогах — до 2 мг/л)	Хімічний, біологічний, фізико-хімічний
7	Азот загальний (понад 30 мг/л; при нормативних вимогах — 0,5 мг/л)	Хімічний, біологічний, фізико-хімічний
8	Завислі частинки (понад 20000 мг/л; при нормативних вимогах — 50—60 мг/л)	Механічний, хімічний, фізико-хімічний
9	Сухий залишок (понад 10 000 мг/л; при нормативних вимогах — біля 1000 мг/л)	Механічний, хімічний, фізико-хімічний
10	Хлориди (понад 1500 мг/л; при нормативних вимогах — 250 мг/л)	Фізико-хімічний

Нештатні ситуації щодо водоскиду доцільно оцінити з урахуванням їх тривалості, небезпеки для навколишнього природного середовища та способів утилізації продуктів (табл. 2).

*Таблиця 2. Оцінка нештатних ситуацій щодо водоскиду на харчових виробництвах*

№ п/п	Нештатна ситуація (часово-об'ємна характеристика)	Шляхи усунення	Екологічні наслідки при неякісному очищенні
1	Короткотривалий викид незначного об'єму (без порушення штатного режиму функціонування виробничого обладнання)	Існуючими очисними спорудами у штатному режимі із врахуванням кондиціонування забруднювачів у загальному потоці стічних вод	Відсутні або мінімальні
2	Короткотривалий викид значного об'єму (із порушенням штатного режиму функціонування виробничого обладнання, але із відновленням його функціональності)	Існуючими очисними спорудами при додаткових ресурсозатратах (підвищені дози реагентів, витрати електроенергії)	Значні
3	Зупинка виробництва із накопиченими у технологічному об'ємі концентратів забруднювачів (невикористаних інгредієнтів, продуктів виробничих процесів тощо)	Існуючими очисними спорудами при додаткових ресурсозатратах (підвищенні дози реагентів, витрати електроенергії) та залученням спеціалізованого обладнання (утилізація повинна бути оперативною, щоб не утворились побічні забруднювачі)	Катастрофічні

При цьому критичною межею переходу від значних до катастрофічних наслідків є наявність забруднювачів, які ефективно не видаляються штатним обладнанням очисних споруд і/або потребують застосування нових засобів (наприклад, додаткової номенклатури реагентів), а час на утилізацію кон-

центрованих стоків критично обмежений. Відповідно, режим утилізації — періодичний (виробництво зупинено) до повного усунення небезпеки для довкілля (табл. 2).

Схему очисних споруд із здатністю протидіяти катастрофічним НС доцільно спроектувати у вигляді байпасного контуру: із поверненням, при необхідності, концентрованих стічних вод на повторне опрацювання у блоці утилізації (рис. 1).



**Рис. 1. Варіант комбінованого комплексу електротехнологічних процесів очищення стоків харчових виробництв з урахуванням дії НС**  
(осад блоку первинного механічного очищення подається на блок опрацювання осаду)

В електротехнологічний комплекс водоочищення (рис. 1) необхідно інтегрувати блок керування (рис. 2), який би вирішував завдання: подачі/неподачі стоків на очисні споруди; оцінка стану якості стоків, які надходять на очищення та їх якості після очищення; розрахунок додаткових ресурсовитрат для протидії НС різного характеру (табл. 2).

Завдання блоку керування при дії НС забезпечити електротехнологічні процеси для:

- збільшення доз реагентів для нейтралізації;
- збільшення доз флокулянтів;
- збільшення доз коагулянтів;

- можливого транспортування концентрованих стоків повз біологічне очищення — мікроорганізми у біореакторах можуть загинути, наприклад, від залпових викидів токсичних сполук;
- збільшення доз для знезараження;
- інтенсифікація біологічних процесів;
- вибір режимів блоку утилізації.



**Рис. 2. Структура електротехнологічного комплексу реалізації процесів очищення стоків харчових виробництв з урахуванням нештатних ситуацій**

Аналізуючи структуру забруднювачів (табл. 1) можна стверджувати, що більшість типових забруднювачів видаляються в основній схемі очисних споруд (рис. 1) шляхом:

- збільшення подачі реагентів і діючих сполук;
- інтенсифікації біологічного окислення повітря;
- часу опромінення.

Однак для отримання ГДК за вмістом *хлоридів, ХСК та сухого залишку* необхідно застосувати одне з технічних рішень глибокого водоочищення [5]:

1. Дистилування. Діапазон застосування: очищення води до дистилату (200 кОм · см). Метод відносно простий, однак дуже енергозатратний (більш 0,7 кВт/дм<sup>3</sup>) і великі втрати води на допоміжні потреби (на 1 дм<sup>3</sup> дистилату витрачається 7 дм<sup>3</sup> і більше вихідної води для охолодження). При цьому без попереднього пом'якшення води, що очищається, дистилатор швидко заростає накипом, що різко збільшує його енергоємність. Очищення дистилатора від накипу — процес тривалий і дорогий.

2. Іонообмін. Діапазон застосування: від очищення води середньо мінералізованої (менше 4 г/дм<sup>3</sup>) до води глибокої очистки (18 Мом · см). До недоліків відноситься необхідність періодичної регенерації смол хімічними реагентами (розчинами сірчаної або соляної кислот або їдкого натру), що робить цей метод складним в обслуговуванні й екологічно небезпечним. Втрати вихідної води — 3—5% на регенерацію і промивку.

3. Зворотний осмос. Діапазон застосування: від сильно мінералізованої (40 г/ дм<sup>3</sup>) до дистилату (200—250 кОм · см). До переваг методу відноситься робота у широкому діапазоні забруднювачів, глибоке очищення від мікрочастинок, органіки і токсинів. До недоліків відносяться підвищені вимоги до попередньої підготовки води, що очищається (вміст вільного хлору не більше 0,1 мг/дм<sup>3</sup>, загального заліза — не більше 50 мкг/дм<sup>3</sup>, колоїдний індекс — не більше 4). Метод досить складний і вимагає підвищеної уваги при обслуговуванні. Картриджі такого фільтру працюють при підвищеному тиску та мають середній термін служби 15 місяців. При цьому втрати вихідної води із солевим концентратом від 60% до 20% (залежно від мінералізації вхідної води).

4. Електродіаліз. Процес мембранного поділу, в якому іони розчиненої речовини переносяться через мембрану під дією електричного поля. Рушійною силою процесу є градієнт електричного потенціалу. Електричний струм переносить катіони з вихідного розчину в потік концентрату через катіонообмінну мембрану, розташовану з боку катоду. Катіони затримуються в цьому потоці аніонообмінної мембраною з боку катоду.

Саме останній електротехнічний агрегат вибирається як «Блок утилізації» (рис. 2), оскільки:

- має незначні витрати електроенергії — 1—2 Вт/дм<sup>3</sup>;
- відбувається очищення води різної мінералізації до будь-якої чистоти, при цьому є можливість регулювання глибини очищення води регулюванням дебету води, що очищається;
- мають місце мінімальні втрати вихідної води (безповоротні втрати тільки на етапі її попередньої підготовки — до 10%);
- очищує рідкі радіоактивні відходи;

- забезпечує очищення хімічних скидів з поверненням до 90% чистої води в технологічний процес;
- збільшує концентрацію хімічних розчинів (до 4%);
- можлива повна автоматизація такого електротехнологічного водоочищення;
- комплекс може працювати у періодичному режимі з оперативним, при необхідності, включенням у схему системи видалення забруднювачів без складних підготовчих операцій.

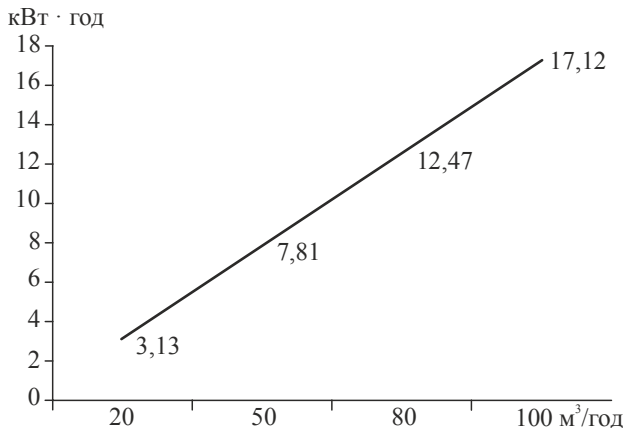
Імітаційну оцінку енергетичних параметрів використання електродіалізного обладнання провели при різних статичних значеннях якості водного розчину й експлуатаційних показників (табл. 3).

**Таблиця 3. Параметри імітаційного дослідження процесу електродіалізного водоочищення**

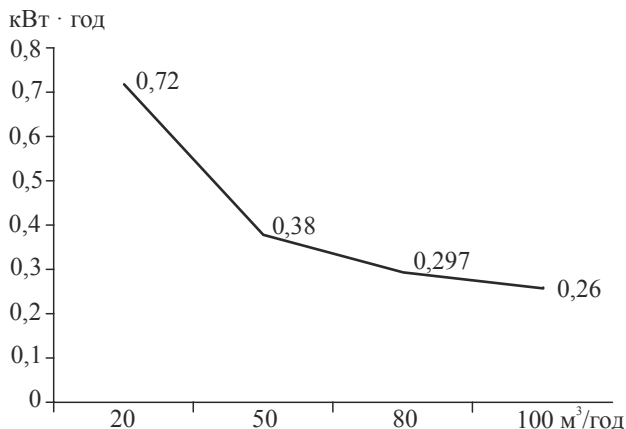
Параметр	Значення	Одиниця вимірювання
Концентрація іонів Ca <sup>2+</sup>	6	мг-екв/дм <sup>3</sup>
Концентрація іонів Mg <sup>2+</sup>	5	мг-екв/дм <sup>3</sup>
Концентрація іонів Na <sup>2+</sup>	12	мг-екв/дм <sup>3</sup>
Концентрація іонів HCO <sub>3</sub>	11	мг-екв/дм <sup>3</sup>
Концентрація іонів SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	9	мг-екв/дм <sup>3</sup>
Концентрація іонів Cl <sup>-</sup>	43	мг-екв/дм <sup>3</sup>
Температура вхідної води	+17	°C
Мінералізація після водоочищення	700	мг/дм <sup>3</sup>
Плановий вихід по струму	0,87	—
Густина струму	8,87	А/м <sup>2</sup>

Значення витрат змінювалось від 20 м<sup>3</sup>/год до 110 м<sup>3</sup>/год із кроком 30 м<sup>3</sup>/год. Розрахунок базувався на типових рекомендаціях проектування електродіалізерів [6].

Отримані результати імітаційної оцінки продемонстрували прийнятність запропонованого підходу застосування електротехнологій для протидії НС (рис. 3, 4).



**Рис. 3. Теоретична оцінка витрат електроенергії в електродіалізній установці при змінних витратах стоків**



**Рис. 4. Теоретична оцінка витрат електроенергії на очищення 1 м<sup>3</sup> водного розчину електродіалізічним комплексом при змінних витратах стоків (ураховується функціонування електронасосних агрегатів)**

Водночас недоліком електродіалізного устаткування є необхідність попереднього очищення, особливо стосовно показників:

- окислюваність — не більше 5 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>;
- концентрація завислих частинок — не більше 2 мг/дм<sup>3</sup>;
- сумарна концентрація загального заліза та марганцю — не більше 0,05 мг/дм<sup>3</sup>.

Саме у випадку настання НС (особливо потенційно катастрофічного характеру) необхідно передавати додаткову інформацію на блок керування (рис. 2) стосовно орієнтовних концентрацій забруднювачів, які потраплять у стічні води від технологічних процесів (рис. 5).



**Рис. 5. Структура подання додаткової інформації на блок керування водоочищенням (режим нештатної ситуації)**

Застосування таких модулів (рис. 5) дасть ефективніше та надійніше експлуатувати електротехнологічний комплекс електродіалізера, оскільки забезпечить ефективну попередню очистку на елементах основних очисних

споруд і розрахунок режимів самого електродіалізера до потрапляння у нього висококонцентрованих стоків.

### **Висновки**

Виділено ключові забруднювачі стоків молокозаводу, хлібокомбінату, спиртового та цукрового підприємств та проведено класифікацію способів їх очищення. Показано, що для забезпечення ефективної протидії нештатним ситуаціям на харчових виробництвах за каналом «водоскид» необхідно передбачити на основних очисних спорудах можливість оперативного збільшення витрат реагентів та інших ресурсів при настанні НС. Також у схему водоочищення необхідно включити блок утилізації висококонцентрованих стоків, застосувавши як останній електротехнологічний комплекс електродіалізера (імітаційно встановлено загальні енерговитрати на видалення забруднювачів із  $1 \text{ м}^3$  потенційних стоків підприємств — порядку  $0,2 \div 1,0 \text{ кВт} \cdot \text{год}$ ).

### **Література**

1. Чеботаева М. В. Очистные сооружения BIOMAR® в индустрии напитков в России. *Отраслевой научно-практический журнал «Пиво и Напитки»*. 2008. № 4. С. 44—45.
2. Шустер К. Технология напорной флотации V&S-DAF. *Научно-практический журнал «Экология производства»*. 2007. № 4. С 1—4.
3. Гончаров Ф., Штепа В., Методологія підвищення екологічної безпеки об'єктів агропромислової та харчової індустрії. *Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України*. 2012. № 16 (30), ч. 2. С. 97—10.
4. Засць Н., Штепа В., Систематизація електротехнологічних комплексів водоочищення харчових виробництв. *Енергетика і автоматика: електрон. наук. фахове вид.* 2018. № 4. С. 49—62. URL: <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Energiya/article/view/11554>, (дата звернення : 08.11.2018).
5. URL: <http://aquaros.ru/analiticheskiy-obzor-metodov-ochistki-vody> (дата звернення: 24.11.2018).
6. Chao Y., Liang T. A feasibility study of industrial wastewater recovery using electro-dialysis reversal. *Desalination*. 2008. V. 221. No. 3. P. 433—439.