

**Ю.Г. Змиевский, И.И. Киричук, В.Г. Мирончук**

**МЕМБРАННАЯ ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД,  
ПОЛУЧЕННЫХ ПОСЛЕ ПЕРЕРАБОТКИ МОЛОЧНОЙ  
СЫВОРОТКИ**

Национальный университет пищевых технологий,  
г. Киев, Украина  
yrazm@meta.ua

*Проведены исследования по разделению обратным осмосом низкого давления и электродиализом модельных растворов нанофильтрационного пермеата молочной сыворотки, который на большинстве предприятий является сточной водой. Предложена технологическая схема очистки таких сточных вод. Рекомендован электродиализ, при помощи которого можно удалять до 80 % минеральных солей с последующим концентрированием диллюата обратным осмосом низкого давления. Описаны пути возможного использования полученных растворов.*

**Ключевые слова:** нанофильтрационный пермеат, обратный осмос, сточные воды, электродиализ.

**Введение.** Активное внедрение в пищевую промышленность мембранных процессов требует разработки вспомогательных технологий, связанных с утилизацией и переработкой образующихся сточных вод. При нанофильтрации молочной сыворотки получают пермеат, усредненный состав которого следующий, г/дм<sup>3</sup>: Ca<sup>2+</sup> – 0,010, Na<sup>+</sup> – 0,162, K<sup>+</sup> – 0,756, Cl<sup>-</sup> – 0,889, Mg<sup>2+</sup> – 0,006, лактоза – 1,1 – 2,0 [1 – 3]. В большинстве случаев он не используется и направляется в комплекс сооружений систем водоотведения. Таким образом теряется около 65 % (от объема переработанной сыворотки) воды, которую после предварительной очистки можно использовать как техническую.

Известны технологии [4, 5] концентрирования обратным осмосом нанофильтрационного пермеата молочной сыворотки, концентрат которого предлагается [4] использовать для регенерации ионообменных колонок, потому что в нем практически отсутствуют соли

©Змиевский Ю.Г., Киричук И.И., Мирончук В.Г., 2014

Энергозатраты на обессоливание исследуемых сточных вод электродиализом уменьшаются в 4,9 – 8,3 раза при повышении концентрации раствора от 4 до 50 г/дм<sup>3</sup> и составляют в среднем ~ 0,188 кВт · ч/(кг соли), при этом предполагается, что будут увеличиваться потери лактозы за счет ее диффузии в камеры концентрирования.

Предложена технологическая схема очистки сточных вод, полученных после переработки молочной сыворотки, которая состоит из двух этапов: электродиализа и обратного осмоса низкого давления.

**Резюме.** Проведено дослідження з розділення зворотнім осмосом низького тиску та електродіалізом модельних розчинів нанофільтраційного пермеату молочної сироватки, який на більшості підприємств є стічною водою. На основі отриманих результатів запропонована технологічна схема очистки зазначених стічних вод. Для цього запропоновано застосовувати процес електродіалізу, за допомогою якого видаляти до 80 % мінеральних солей, з наступним концентруванням ділюату зворотнім осмосом низького тиску. Описані шляхи можливого використання отриманих розчинів.

*Yu.G. Zmievskii, I.I. Kyrychuk, V.G. Myronchuk*

## **MEMBRANE WASTEWATER TREATMENT OBTAINED AFTER WHEY PROCESSING**

### Summary

This paper presents the investigation of separation of model solutions of nanofiltration whey permeate by low pressure reverse osmosis and electro dialysis. These solutions for the most enterprises are wastewater. On the basis of the obtained results the process flow diagram of its processing was proposed. For this purpose the process of electro dialysis is used to remove up to 80 % of mineral salts followed by diluate concentration by low pressure reverse osmosis. The possible ways of using of the collected solutions are described.

### Список использованной литературы

- [1] *Atra R., Vatai G., Bekassy -Molnar E., Balint A. // J. Food Eng. – 2005. – 67. – P. 325–332.*

- [2] *Dairy Processing Handbook* / Ed. G. Bylund. – Lund: Tetra Pak Processing Systems AB, 1995. – 442 p.
- [3] *Bidhendi G.N., Nasrabadi T.* // *Pakistan J. Biol. Sci.* – 2006. – 9, N5. – P. 991–994.
- [4] *Durham R., Hourigan J., Sleight R.* // *IDF Symp. "Lactose and its Derivatives"* (Moscow, May, 2007) – Moscow, 2007. – P. 11–14.
- [5] *Vourch M., Balannec B., Chaufer B., Dorange G.* // *Desalination.* – 2005. – 172. – P. 245–256.
- [6] *Cowan D., Brown J.* // *Ind. and Eng. Chem. Resh.* – 1959. – 51, N12. – P. 1445–1448.
- [7] *Иныхов Г. С., Брюс Н.П.* Методы анализа молока и молочных продуктов /Справ. пособие. – М.: Пищ. пром-сть, 1971. – 423 с.
- [8] *Rodriguez-DeLaNuez F., Franquiz-Suarez N., Esther Santiago D., Veza J.M., Sathwani J. J.* // *Desalination and Water Treat.* – 2012. – 39, N1/3. – P. 137–148.
- [9] *Комплексная переработка шахтных вод* / Под ред. А.Т. Пилипенко. – К.: Техника, 1985. – 183 с.
- [10] *Кулинченко, В.Р., Мирончук В.Г.* // *Промышленная кристаллизация сахарных веществ.* – К.: НУХТ, 2012. – 426 с.
- [11] *Хамский Е.В.* Кристаллизация в химической промышленности. – М.: Химия, 1979. – 342 с.
- [12] *Simova H., Kysela V., Cernin A.* // *Desalination and Water Treat.* – 2010. – 14. – P. 170–173.
- [13] *Goncharuk V.V., Osipenko V.O., Balakina M.N., Kucheruk D.D* // *J. Water Chem. and Technol.* – 2013. – 35, N2. – P. 71–75.
- [14] *Babak Yu.V., Goncharuk V.V., Mel'nik L.A., Badekha V.P.* // *Ibid.* – 2012. – 34, N6. – P. 288–293.
- [15] *Casas S., Aladjem C., Cortina J.L., Larrotcha E., Cremades L.V.* // *Solvent Extraction and Ion Exchange.* – 2012. – 30. – P. 322–332.
- [16] *Смагин В.Н.* Обработка воды методом электродиализа. – М.: Стройиздат, 1986. – 172 с.
- [17] *Nikonenko V.V., Pismenskaya N.D., Belova E.I., Sistas F., Huguet P., Pourcelly G., Larchet C.* // *Adv. in Colloid and Interface Sci.* – 2010. – 160, N1/2. – P. 101–123.
- [18] *Заболоцкий В.И., Никоненко В.В.* Перенос ионов в мембранах. – М.: Наука, 1996. – 390 с.
- [19] *Рожкова М.В., Шапошник В.А., Мизилина А.К., Тягунова В.И.* // *Журн. прикл. химии.* – 1992. – 65, №11. – С. 2508–2511.

Поступила в редакцию 17.09.2013 г.