

**Ключевые слова:** низкие дикарбоновые кислоты, ванадий, медь, адипинаты, глутараты, сукцинаты, рентгенофазовый анализ.

**Присяжний Олександр Васильович**, старший викладач, кафедра охорони праці та навколишнього середовища, Українська державна академія залізничного транспорту, Харків, Україна, e-mail: [prisjaga@ukr.net](mailto:prisjaga@ukr.net).

**Козуб Павло Анатолійович**, кандидат технічних наук, доцент, кафедра охорони праці та навколишнього середовища, Українська державна академія залізничного транспорту, Харків, Україна, e-mail: [pkozub@pkozub.com](mailto:pkozub@pkozub.com).

**Катковнікова Лідія Анатоліївна**, кандидат технічних наук, доцент, кафедра охорони праці та навколишнього середовища, Українська державна академія залізничного транспорту, Харків, Україна.

**Козуб Світлана Миколаївна**, кандидат технічних наук, старший викладач, кафедра медичної та біоорганічної хімії, Харківський національний медичний університет, Україна, e-mail: [s.kozub@inbox.ru](mailto:s.kozub@inbox.ru).

**Присяжний Олександр Васильович**, старший преподаватель, кафедра охраны труда и окружающей среды, Украинская госу-

дарственная академия железнодорожного транспорта, Харьков, Украина.

**Козуб Павел Анатольевич**, кандидат технических наук, доцент, кафедра охраны труда и окружающей среды, Украинская государственная академия железнодорожного транспорта, Харьков, Украина.

**Катковникова Лидия Анатольевна**, кандидат технических наук, доцент, кафедра охраны труда и окружающей среды, Украинская государственная академия железнодорожного транспорта, Харьков, Украина.

**Козуб Светлана Николаевна**, кандидат технических наук, старший преподаватель, кафедра медицинской и биологической химии, Харьковский национальный медицинский университет, Украина.

**Prisjahnji Oлександр**, Ukrainian State Academy of Railway Transport, Kharkiv, Ukraine, e-mail: [prisjaga@ukr.net](mailto:prisjaga@ukr.net).

**Kozub Pavlo**, Ukrainian State Academy of Railway Transport, Kharkiv, Ukraine, e-mail: [pkozub@pkozub.com](mailto:pkozub@pkozub.com).

**Katkovnikova Lidiya**, Ukrainian State Academy of Railway Transport, Kharkiv, Ukraine.

**Kozub Svetlana**, Kharkiv National Medical University, Ukraine, e-mail: [s.kozub@inbox.ru](mailto:s.kozub@inbox.ru)

УДК: 615.214.032.014;541.64;542.91

DOI: 10.15587/2312-8372.2015.40651

**Новіков В. П.,  
Заярнюк Н. Л.,  
Кричковська А. М.,  
Федорова О. В.,  
Миляннич А. О.**

## РОЗРОБКА КОМБІНОВАНОГО ІНКАПСУЛЬОВАНОГО ЛІКАРСЬКОГО ЗАСОБУ НА ОСНОВІ НАЛТРЕКСОНУ ТА ДИСУЛЬФІРАМУ

На основі аналізу літературних джерел, патентного пошуку та власних експериментальних даних авторів статті була розроблена оптимальна методика одержання капсул мікро- та нанорозмірів, що містять налтрексон та дисульфірам, для застосування у вигляді порошків для ін'єкцій. Допоміжними речовинами було обрано кополімери молочної та гліколевої кислот. Опрацьовано та запропоновано технологічну схему процесу виробництва препарату.

**Ключові слова:** налтрексон, дисульфірам, інкапсулювання, порошок для дом'язевої ін'єкції, пролонгована дія ліків.

### 1. Вступ

Алкоголізм та наркоманія є хронічними захворюваннями, що мають здатність до рецидивів. Дуже часто ці захворювання є поєднаними. Важливою складовою активної протиалкогольної терапії залишається використання авersive методів лікування із застосуванням лікарських засобів (ЛЗ), які пригнічують хворобливий потяг до алкоголю, формують стійку відразу до спиртного [1]. Основна проблема лікування пов'язана з особистісними змінами свідомості людей, які залежні від наркотиків та/або алкоголю. Більшість не визнає своєї залежності та відмовляється від допомоги. Для вирішення цієї проблеми створюють нові препарати, терапевтичні схеми. Лікування таких хворих за допомогою таблеток чи ін'єкцій, які необхідно приймати/вводити кожного дня для збереження концентрації діючої речовини є неефективним, оскільки можливим є пропускання хворими прийомів ЛЗ. Безперервність лікування забезпечує використання пролонгованих форм.

Комбінація декількох діючих речовин в одній лікарській формі (ЛФ) теж покращує лікувальний ефект, дозволяє зменшити сумарну дозу та побічні ефекти. Дом'язеві ін'єкції та імплантати використовують для створення в підшкірній клітковині або м'язовій тканині депо лікарської речовини (ЛР). Ін'єкційні комбіновані ЛЗ пролонгованої дії мають ряд переваг, вони зручніші у застосуванні та менш травмуючі для пацієнта. ЛР, які входять до складу комбінованого ЛЗ, мають різні фізико-хімічні властивості та визначають вибір ЛФ та особливості її технології.

Отже, актуальним є розроблення комбінованого ЛЗ пролонгованої дії у зручній лікарській формі ін'єкції для лікування поєднаних алкогольної та наркотичної залежностей.

### 2. Аналіз літературних даних та постановка проблеми

Для лікування алкогольної та наркотичної залежностей в Україні та більшості провідних держав світу

найчастіше використовуються різні за біофазою дії ліки: дисульфірам і налтрексон. Механізм дії дисульфіраму зумовлений блокуванням ферменту ацетальдегіддегідрогенази, в результаті чого окислення спожитого спирту затримується на стадії ацетальдегіду, викликаючи до алкоголю відразу. Налтрексон блокує опіатні рецептори мозку, позбавляючи ейфорії від прийому наркотиків. В останні роки існує тенденція запровадження комбінованої терапії з використанням налтрексону та дисульфіраму одночасно як при хронічному алкоголізмі, так і при опійній наркоманії [1–10]. Перспективність розробки комбінованого ін'єкційного ЛЗ пролонгованої дії на основі цих ЛР для застосування у терапії алкогольної та наркотичної залежностей доведена авторами статті в попередніх дослідженнях [11]. Проте сьогодні на фармацевтичному ринку України відсутні ЛЗ, які б містили комбінацію цих ЛР, що пов'язано з різницею у їх фізико-хімічних властивостях. Вибір ЛФ зумовлений особливостями фармакотерапії алкогольної та наркотичної залежностей, тому зручним є застосування ЛЗ у вигляді розчину для дом'язевої ін'єкції, які б мали пролонговану дію та не потребували б щоденного введення препарату [1].

Ін'єкційні розчини займають особливе місце серед систем з рідким дисперсійним середовищем. Для них необхідна стерильність і асептичні умови виготовлення. Їх готують шляхом розчинення, суспендування або емульгування діючих та допоміжних речовин у воді для ін'єкцій або у запропонованій стерильній рідині, або суміші цих розчинників [12]. Одержання ін'єкційного ЛЗ пролонгованої дії вимагає використання допоміжних речовин та розчинників. Проведені авторами статті дослідження дозволили розробити новий ін'єкційний комбінований ЛЗ, який автори назвали «Налтетлонг» з пролонгованою дією до 30 діб. Він містить дисульфірам і налтрексон у диметилсульфоксиді та допоміжні речовини — полімери-пролонгатори з певною молекулярною масою. Результати доклінічного вивчення показали виражену фармакологічну активність і помірну токсичність препарату, розпочато клінічні дослідження [11]. Недоліком є використання диметилсульфоксиду як розчинника. Безумовно, перевагу мають водні розчини для ін'єкцій, оскільки вони споріднені з рідинами організму.

Одним із важливих напрямків створення ін'єкційних ЛЗ пролонгованої дії з точки зору контрольованості параметрів вивільнення ЛР є вивчення можливостей введення їх в біодеградабельні полімерні мікро- /наночастинки [13]. В останні десятиліття роботи в цьому напрямку активно проводяться в світі, з 2012 р. на ринку з'явився препарат для лікування алкогольної залежності Вівітрол, порошок для приготування суспензії для дом'язевого введення, який містить налтрексон, інкапсульований у кополімер молочної та гліколевої кислот [14]. Цей ЛЗ авторами даної роботи було обрано за прототип.

### 3. Об'єкт, мета та задачі дослідження

Об'єктами авторського дослідження слугували налтрексон та дисульфірам для застосування у комбінованому ЛЗ пролонгованої дії у формі дом'язевої ін'єкції, а також допоміжні речовини — кополімери молочної та гліколевої кислот із різним співвідношенням елементарних ланок, емульгатори та розчинники.

Метою даної роботи було одержання методом інкапсульовання комбінованого ін'єкційного ЛЗ пролонгованої дії, який би містив комбінацію налтрексону та дисульфіраму для лікування поєднаної алкогольної та наркотичної залежностей.

Для досягнення поставленої мети необхідно виконати такі задачі:

1. Опрацювати методику одержання мікрокапсул для різних за фізико-хімічними властивостями речовин — налтрексону та дисульфіраму.
2. Опрацювати методики якісного та кількісного визначення отриманих мікрокапсул згідно вимог Державної Фармакопеї України (ДФУ).
3. Розробити принципову технологічну схему виробництва відповідно до розробленої методики одержання мікрокапсул.
4. Проаналізувати відповідність отриманих зразків мікрокапсул до вимог ДФУ для використання їх як порошоків для ін'єкційних ЛЗ.

### 4. Матеріали та методи досліджень

Дисульфірам та налтрексон є речовинами з різними фізико-хімічними властивостями, які необхідно врахувати при розробці комбінованого ЛЗ. Дисульфірам є дуже мало розчинною речовиною (1 : 5000) і одержання ін'єкційного препарату на його основі потребує обов'язкового використання допоміжних речовин, на відміну від налтрексону гідрохлориду, який легко розчинний у воді (1 : 10) та потребує пролонгування.

Незалежно від ЛФ річний курс лікування налтрексоном складає від 3200 до 3700 мг. ЛЗ на основі дисульфіраму у вигляді імплантатів та ін'єкцій з різним терміном пролонгації містять від 2500 до 3200 мг діючої речовини на річний курс лікування. На основі аналізу літературних джерел авторами статті було визначено рекомендовані терапевтичні дози ЛР: 250 мг дисульфіраму і 200 мг налтрексону.

В останні десятиліття досліджена можливість використання як основи біодеструктивних полімерних матеріалів. Аліфатичні полієфіри — полілактид (ПЛ), полігліколід (ПГ), а також кополімери лактиду і гліколізу (ПЛГ) з різним співвідношенням мономерів є повністю біосумісними полімерами, не викликають запалень і повністю екскретуються з організму. Крім того, вони мають порівняно високі механічні характеристики і досить легко обробляються [13].

Авторами було проведено патентний пошук для вибору оптимальної методики створення мікрокапсул [14]. Виходячи з інформації, одержаної з патентів, було розроблено методику та проведені експерименти з одержання інкапсульованих ЛР. Капсули одержували за наступною методикою:

- кополімер ПЛГ розчиняли в органічному розчиннику;
- додавали ЛР і отримували розчин ПЛГ-ЛР в органічному розчиннику;
- додавали водну фазу для отримання емульсії, стабілізованої поверхнево активною речовиною (як правило, полівініловим спиртом).

Розмір крапель емульсії регулювався швидкістю перемішування: при швидкості перемішування до 1000 об/хв. утворювались капсули мікророзмірів, при швидкості понад 2000 об/хв. — капсули нанорозмірів. Було одержано

капсули мікро- та нано- розмірів окремо з налтрексоном та з дисульфідом в полімерах ПЛГ 50:50 та ПЛГ 70:30 з співвідношенням ПЛГ : ЛР відповідно 1:2. Морфологічні характеристики мікрокапсул визначали методом світлової мікроскопії. Кількісне визначення дисульфідом у мікрокапсулах проводили мікротомом визначення сірки в органічних сполуках (колбовим методом Шенігера). Тест на «Розчинення» для підтвердження пролонгування вивільнення налтрексона проводили в нейтральному та слабодужному середовищі. Проведення експерименту детально описано авторами в попередній публікації [15].

## 5. Результати одержання та дослідження мікрокапсул дисульфідом та налтрексона для застосування як комбінованого ЛЗ для лікування поєднаної алкогольної та наркотичної залежностей

Було одержано капсули мікро- та нано- розмірів окремо з налтрексоном та з дисульфідом в полімерах ПЛГ (50:50) та ПЛГ (70:30) з співвідношенням ПЛГ : ЛР відповідно 1:2. Придатність одержаних зразків для використання як порошок для ін'єкційних ЛЗ було перевірено відповідно до вимог ДФУ [12]. Порошок мікрокапсул білого кольору, твердий, сипучий, при струшуванні із зазначеним об'ємом фізіологічного розчину або води швидко утворює однорідну суспензію. Таким чином проведені дослідження показали, що метод інкапсулювання може бути використаний для одержання порошку для ін'єкційного ЛЗ пролонгованої дії.

Особливу увагу автори статті приділили вибору розчинника для дисульфідом, який легко розчинний лише у хлороформі та метиленхлориді. Згідно з вимогами ДФУ [16] ці розчинники відносяться до 2-го класу, отже можуть викликати незворотні ефекти, залишковий вміст цих розчинників має бути обмежений через їх токсичність та строго регламентований (табл. 1).

Тому надзвичайно важливою є звільнення від органічного розчинника, для видалення якого здійснювалось промивання мікрокапсул та сушіння їх під тиском повітря та під вакуумом. Контроль залишкового розчинника здійснювався за допомогою газової хроматографії відповідно до вимог ДФУ [12].

Таблиця 1

Регламентация хлороформу та метиленхлориду в ЛЗ

Розчинник	Дозволена добова дія, мг/доб.	Межа концентрації, ppm
Хлороформ	0,6	60
Метиленхлорид	6,0	600

Існують інші методики одержання мікрокапсул, такі як, наприклад, випарювання в вакуумі; деякі не потребують попереднього розчинення ЛР, частинки якої певного розміру можна одержати за допомогою дробарок.

На рис. 1 представлено фото мікроскопії отриманих авторами статті за запропонованою технологією мікрокапсул дисульфідом, що доводить, що опрацьований авторами метод дозволяє одержати кращу форму крапель.

Також авторами було, відповідно до вимог [17], опрацьовано та запропоновано принципову технологічну схему виробництва (рис. 2).

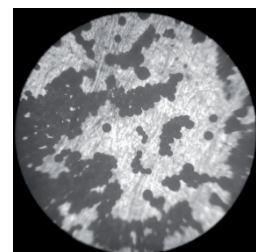


Рис. 1. Мікрокапсули дисульфідом в ПЛГ, одержані при швидкості перемішування 850 об/хв. (св. мікроскопія, 15×8,15×40)

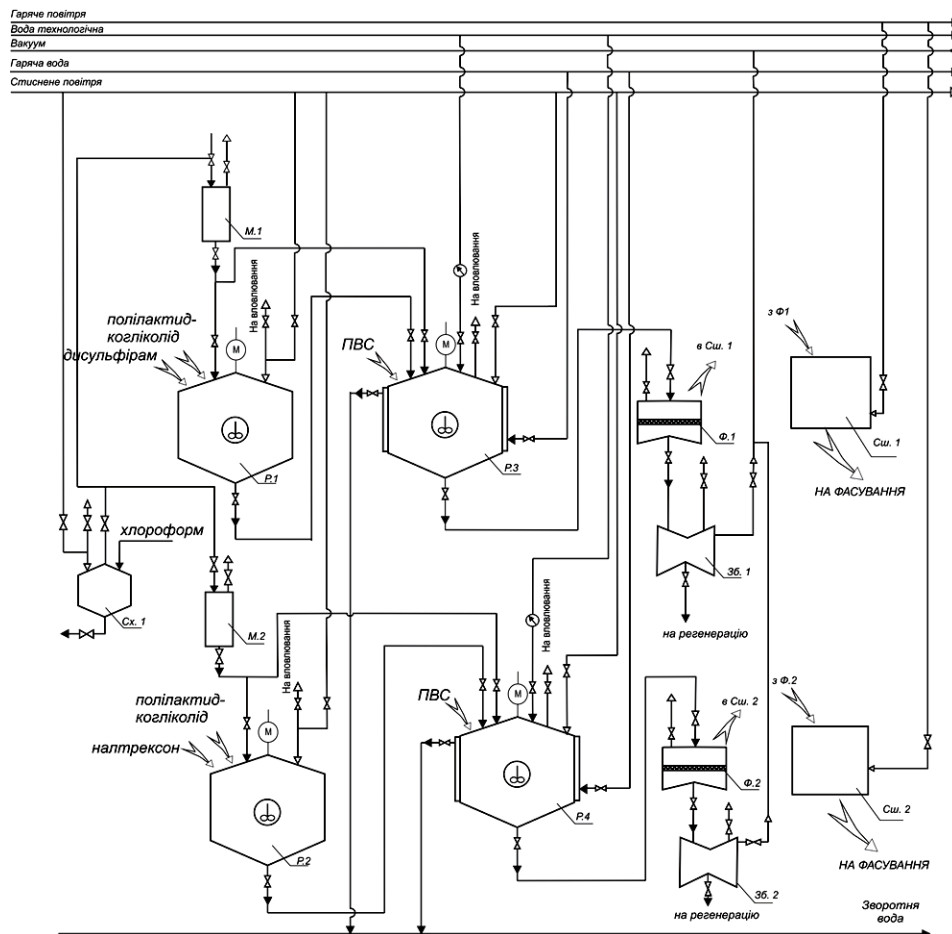


Рис. 2. Принципова технологічна схема одержання ін'єкційного комбінованого ЛЗ пролонгованої дії на основі налтрексона та дисульфідом методом мікрокапсулювання

Відповідно до наведеної схеми технологічний процес відбувається на двох паралельних лініях у 4 стадії на кожній.

**Стадія 1.** В реакторах P1 та P2 кополімер ПЛГ розчиняють в органічному розчиннику (хлороформі) при перемішуванні, додають ЛР (в P1 — дисульфірам, в P2 — налтрексон), отримують розчин ПЛГ та ЛР в органічному розчиннику.

**Стадія 2.** В реактори P3 та P4 подають очищену воду, додають ПАВ при перемішуванні та  $t \sim 30-40$  °С. Подають в P3 з P1 реакційну масу перетискають в P3, а з P2 — у P2 при постійному перемішуванні. Відбувається затвердіння мікрокапсул, які відфільтровують.

**Стадія 3.** Фільтрування проводять на вакуумфільтрах НФ1 та НФ2, де промивають водою та передають на стадію сушіння.

**Стадія 4.** Сушать у сушильних шафах СШ1 та СШ2 при  $t \sim 35-40$  °С нагрітим повітрям під тиском до повного видалення органічного розчинника (хлороформу). Висушені мікрокапсули відправляють на стадію змішування та фасування.

## 6. Обговорення переваг і недоліків розробленого методу одержання ЛЗ, перспективи його впровадження

Одержані авторами статті зразки порошоків швидко утворювали у воді та стандартному фізіологічному розчині суспензію, стабільність якої можна покращити додаванням допоміжних речовин, таких як ПВС або карбоксиметилцелюлоза. Отже, можна зазначити, що наведений спосіб одержання комбінованого ЛЗ має ряд переваг. По-перше, кополімери молочної та гліколевої кислот нетоксичні, у водному середовищі відбувається біодеструкція полімерів ПЛГ (50 : 50) та ПЛГ (70 : 30), яка, за даними літературних джерел [13], проходить до кінця, продуктами метаболізму мономерів є вуглекислий газ та вода. По-друге, розчинником у такому ЛЗ є вода.

Однак, до недоліків можна віднести достатню складну технологію та високу вартість полімерів. Так у 2012 р. ціна ПЛГ від виробника складала близько 9000 грн. за кг, в той час як ціна на ЛР була суттєво менша: дисульфірам коштував 960 грн. за кг, налтрексон приблизно 5000 грн. за кг. На сьогодні визначити ціну за складові та порівняти їх з 2012 роком доволі важко, оскільки вартість змінюється в залежності від коливань долара та євро на ринку.

Авторами розпочато доклінічне вивчення (на щурах лінії Вістар та білих мишах лінії Balb/c), одержаного ЛЗ з метою визначення його токсичності та фармакологічної активності при поєднанні алкогольної та наркотичної залежності. За результатами цього дослідження можна буде провести попередній порівняльний аналіз фармакологічної дії препаратів Налтетлонг та створеного комбінованого інкапсульованого ЛЗ на основі налтрексону та дисульфіраму за новою технологією.

## 7. Висновки

В результаті проведених досліджень:

1. Вибрано та опрацьовано методику одержання мікрокапсул на основі ЛР з різними фізико-хімічними властивостями: налтрексону та дисульфіраму для

застосування у лікуванні алкогольної та наркотичної залежностей.

2. Придатність одержаних зразків для використання як порошоків для ін'єкційних лікарських засобів було перевірено відповідно до вимог Державної Фармакопеї України.

3. Запропоновано принципову технологічну схему виробництва.

4. Розпочато доклінічне вивчення одержаного ЛЗ. Подальші дослідження авторів статті базуватимуться на порівняльній характеристиці фармакологічної дії двох препаратів після завершення та одержання результатів доклінічних випробувань.

## Література

- Егоров, А. Аверсивная терапия наркологических заболеваний: проблемы и перспективы [Электронный ресурс] / А. Егоров, А. Софронов // Неврологический вестник. — 2010. — Т. XLII, Вып. 4. — С. 72–78. — Режим доступа: \www/URL: <http://www.narcom.ru/publ/info/874>
- Pettinati, H. M. A double blind, placebo-controlled trial that combines disulfiram and naltrexone for treating co-occurring cocaine and alcohol dependence [Text] / H. M. Pettinati, K. M. Kampman, K. G. Lynch, H. Xie, C. Dackis, A. R. Rabinowitz, C. P. O'Brien // Addictive Behaviors. — 2008. — Vol. 33, № 5. — P. 651–667. doi:10.1016/j.addbeh.2007.11.011
- Carroll, K. M. Treatment of cocaine and alcohol dependence with psychotherapy and disulfiram [Text] / K. M. Carroll, C. Nich, S. A. Ball, E. McCance, B. J. Rounsaville // Addiction. — 1998. — Vol. 93, № 5. — P. 713–727. doi:10.1046/j.1360-0443.1998.9357137.x
- Malcolm, R. The safety of disulfiram for the treatment of alcohol and cocaine dependence in randomized clinical trials: guidance for clinical practice [Text] / R. Malcolm, M. F. Olive, W. Lechner // Expert Opinion on Drug Safety. — 2008. — Vol. 7, № 4. — P. 459–472. doi:10.1517/14740338.7.4.459
- Mutschler, J. Klinische Pharmakologie von Disulfiram — eine aktuelle Übersicht [Text] / J. Mutschler, A. Diehl, F. Kiefer // Fortschritte der Neurologie Psychiatrie. — 2008. — Vol. 76, № 4. — P. 225–231. doi:10.1055/s-2007-1016438
- Petrakis, I. L. Naltrexone and Disulfiram in Patients with Alcohol Dependence and Comorbid Psychiatric Disorders [Text] / I. L. Petrakis, J. Poling, C. Levinson, C. Nich, K. Carroll, B. Rounsaville // Biological Psychiatry. — 2005. Vol. 57, № 10. — P. 1128–1137. doi:10.1016/j.biopsych.2005.02.016
- Petrakis, I. L. Disulfiram treatment for cocaine dependence in methadone-maintained opioid addicts [Text] / I. L. Petrakis, K. M. Carroll, C. Nich, L. T. Gordon, E. F. McCance-Katz, T. Frankforter, B. J. Rounsaville // Addiction. — 2000. — Vol. 95, № 2. — P. 219–228. doi:10.1046/j.1360-0443.2000.9522198.x
- Mutschler, J. Recent results in relaps prevention of alcoholism with Disulfiram [Text] / J. Mutschler, A. Diehl, C. Volmert et al. // Neuropsychiatrie. — 2008. — Vol. 22, № 4. — P. 243–251.
- Oslin, D. W. The Effects of Naltrexone on Alcohol and Cocaine Use in Dually Addicted Patients [Text] / D. W. Oslin, H. M. Pettinati, J. R. Volpicelli, A. L. Wolf, K. M. Kampman, C. P. O'Brien // Journal of Substance Abuse Treatment. — 1999. — Vol. 16, № 2. — P. 163–167. doi:10.1016/s0740-5472(98)00039-7
- Suh, J. J. The Status of Disulfiram [Text] / J. J. Suh, H. M. Pettinati, K. M. Kampman, C. P. O'Brien // Journal of Clinical Psychopharmacology. — 2006. — Vol. 26, № 3. — P. 290–302. doi:10.1097/01.jcp.0000222512.25649.08
- Zagoriy, G. Development of the Optimal Composition and the Technology of New Combined Injectable Drug with Prolonged Action Based on Disulfiram and Naltrexone [Text] / G. Zagoriy, N. Zayarnyuk, B. Sobetov, A. Krychkovska, et al. // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. — 2013. — Vol. 4, № 2. — P. 221–227.
- Державна фармакопея України [Текст] / Державне підприємство «Науково-експериментальний фармакопейний центр». — 1-е вид. — Х.: РІРЕГ, 2001. — 532 с.
- Алексеев, К. В. Полимеры для фармацевтической технологии [Текст]: уч. пос. / К. В. Алексеев, И. А. Грицкова, С. А. Кедик. — М., 2011. — 511 с.

14. Pat. USA № 606425. Primary class 426/426. Injectable nal-trexone microsphere compositions and their use in reducing consumption of heroin and alcohol / Tice T. R., Staas J. K., Ferrel T. M. — № 545064; filing date 07.04.2000, issue date 23.10.2001.
15. Заярнюк, Н. Л. Розробка інкапсульованого лікарського за-собу на основі налтрексона та дисульфіраму [Текст] / Н. Л. Заярнюк, В. В. Луїнін, О. В. Федорова та ін. // Вісник НУ «ЛП». Хімія, технологія речовин та їх застосування. — 2014. — № 787. — С. 235–238.
16. Державна Фармакопея України [Текст] / Державне підприємство «Науково-експертний фармакопейний центр». — 1-е вид., допов. — Х.: РІРЕГ, 2008. — 620 с.
17. Сидоров, Ю. І. Процеси і апарати хіміко-фармацевтичної промисловості [Текст]: навч. пос. / Ю. І. Сидоров, В. І. Чус-шов, В. П. Новіков. — Вінниця: Нова книга, 2009. — 816 с.

#### РАЗРАБОТКА КОМБИНИРОВАННОГО ИНКАПСУЛИРОВАННОГО ЛЕКАРСТВЕННОГО СРЕДСТВА НА ОСНОВЕ НАЛТРЕКСОНА И ДИСУЛЬФИРАМА

На основе анализа литературных источников, патентного поиска и собственных экспериментальных исследований авторов статьи была разработана оптимальная методика получения капсул микро- и наноразмеров, содержащих налтрексон и дисульфирам, для использования в виде порошков для инъекций. Вспомогательными веществами служили сополимеры молочной и гликолевой кислот. Обработана и предложена технологическая схема процесса производства препарата.

**Ключевые слова:** налтрексон, дисульфирам, инкапсулирование, порошок для внутримышечной инъекции, пролонгированное действие лекарств.

*Новіков Володимир Павлович, доктор хімічних наук, професор, кафедра технології біологічно активних сполук, фармації та біотехнології, Національний університет «Львівська політехніка», Україна, e-mail: vnovikov@polynet.lviv.ua.*

*Заярнюк Наталія Леонідівна, кандидат фармацевтичних наук, кафедра технології біологічно активних сполук, фармації та біотехнології, Національний університет «Львівська політехніка», Україна, e-mail: nzayarnyuk@mail.ua.*

*Кричківська Аеліта Миронович, кандидат фармацевтичних наук, доцент, кафедра технології біологічно активних сполук,*

*фармації та біотехнології, Національний університет «Львівська політехніка», Україна, e-mail: vnovikov@polynet.lviv.ua.*  
*Федорова Олена Валеріївна, кандидат хімічних наук, доцент, кафедра технології біологічно активних сполук, фармації та біотехнології, Національний університет «Львівська політехніка», Україна, e-mail: afedorova@polynet.lviv.ua.*

*Милянч Андрій Остапович, кандидат хімічних наук, доцент, кафедра технології біологічно активних сполук, фармації та біотехнології, Національний університет «Львівська політехніка», Україна, e-mail: mylanych@polynet.lviv.ua.*

*Новиков Владимир Павлович, доктор химических наук, профессор, кафедра технологии биологически активных веществ, фармации и биотехнологии, Национальный университет «Львовская политехника», Украина.*

*Заярнюк Наталья Леонидовна, кандидат фармацевтических наук, кафедра технологии биологически активных веществ, фармации и биотехнологии, Национальный университет «Львовская политехника», Украина.*

*Кричковская Аэлита Мироновна, кандидат фармацевтических наук, доцент, кафедра технологии биологически активных веществ, фармации и биотехнологии, Национальный университет «Львовская политехника», Украина.*

*Федорова Елена Валерьевна, кандидат химических наук, доцент, кафедра технологии биологически активных веществ, фармации и биотехнологии, Национальный университет «Львовская политехника», Украина.*

*Мылянч Андрей Остапович, кандидат химических наук, доцент, кафедра технологии биологически активных веществ, фармации и биотехнологии, Национальный университет «Львовская политехника», Украина.*

*Novikov Volodymyr, Lviv Polytechnic National University, Ukraine, e-mail: vnovikov@polynet.lviv.ua.*

*Zayarnyuk Nataliya, Lviv Polytechnic National University, Ukraine, e-mail: nzayarnyuk@mail.ua.*

*Krychcovska Aelita, Lviv Polytechnic National University, Ukraine, e-mail: vnovikov@polynet.lviv.ua.*

*Fedorova Olena, Lviv Polytechnic National University, Ukraine, e-mail: afedorova@polynet.lviv.ua.*

*Mylyanych Andriy, Lviv Polytechnic National University, Ukraine, e-mail: mylanych@polynet.lviv.ua*

УДК 641.53.09:66083.3

DOI: 10.15587/2312-8372.2015.40700

Черевко О. І.,  
Скрипник В. О.,  
Молчанова Н. Ю.

## ВИКОРИСТАННЯ ФІЗИЧНИХ ТА ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕТОДІВ В ЖАРЕННІ М'ЯСА

Використання фізичних і електрофізичних методів впливу на м'ясо під час кондуктивного жарення дозволяє значно інтенсифікувати сам процес, підвищити його енергетичну ефективність і вихід готового продукту без утворення в кірочках виробу гетероциклічних амінів. Запропоновані технічні рішення щодо реалізації процесу кондуктивного жарення під дією зазначених методів, наведені технічні характеристики розроблених апаратів.

**Ключові слова:** кондуктивне жарення, м'ясо, різниця потенціалів, тиск.

### 1. Вступ

Виробництво продуктів харчування характеризується низькою ефективністю використання енергії та значними втратами сировини під час їх оброблення. Враховуючи це, гостро постає проблема розробки способів виробництва

харчових продуктів, які забезпечать зниження витрат енергії у поєднанні із зменшенням втрат сировини та інших ресурсів.

Кондуктивного жарення м'яса є розповсюдженим процесом теплового оброблення, до особливостей якого належать значні втрати маси (до 35 %) і питомі витрати