
III. ЯКІСТЬ І БЕЗПЕКА ПРОМИСЛОВИХ ТОВАРІВ, СТАНДАРТИЗАЦІЯ, МЕТРОЛОГІЯ, СЕРТИФІКАЦІЯ ТА УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ

УДК 621.327

РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ БАКТЕРИЦИДНОГО ЗНЕЗАРАЖЕННЯ АКТИВОВАНОГО ВУГІЛЛЯ

А. О. СЕМЕНОВ, кандидат фізико-математичних наук, доцент;

Г. М. КОЖУШКО, доктор технічних наук, професор;

Т. В. САХНО, доктор хімічних наук, професор;

Л. В. ДУГНІСТ

(Вищий навчальний заклад Укоопспілки

«Полтавський університет економіки і торгівлі»)

Анотація. Однією із проблем багатьох порошкоподібних матеріалів харчової промисловості та лікарських засобів є їх мікробіологічне забруднення. **Мета** дослідження полягає в розробці технології бактерицидного знезараження вугілля активованого «Сілкарбон» для виробництва нестерильних лікарських форм із використанням УФ-опромінення. **Методика дослідження.** Для зменшення кількості дріжджових і плісневих грибів в активованому вугіллі «Сілкарбон» проведені експериментальні дослідження щодо УФ-опромінення тонкого шару дрібнодисперсного порошку під час його перемішування та шляхом опромінення за вільного падіння в камері. **Результати.** Для реалізації запропонованого методу розроблено конструкцію камери циліндричної форми, по периметру якої розміщено потужні лампи низького тиску з довжиною хвилі 254 нм. Показано, що під дією УФ-опромінення активованого вугілля знижується інактивація дріжджами та плісневими грибами (ТУМС). **Висновки.** Ефективність знезараження залежить від багатьох чинників: необхідної дози опромінення; фізико-хімічних характеристик матеріалу, що опромінюється УФ-променями (розміру та поверхні частинок, однорідності, а також їх прозорості для УФ-променів) і т. ін.

Ключові слова: УФ-опромінення, інактивація, активоване вугілля, мікробіологічна чистота, доза УФ-опромінення.

Постановка проблеми в загальному вигляді та зв'язок із найважливішими науковими чи практичними завданнями. У фармацевтичній практиці найбільш поширеним і відомим сорбентом є активоване вугілля, що зв'язує та виводить з організму токсичні речовини.

Відповідність активованого вугілля й інших сорбентів – лікарських засобів (ЛЗ) – вимогам нормативної документації забезпечується принципами GMP (Good Manufacturing Practice – належна виробнича практика). Відповідно до вимог GMP контролем якості ЛЗ обґрунтовується їх безпека та ефективність на

стадіях життєвого циклу: розробка, виробництво, споживання.

Однією із причин невідповідності ЛЗ вимогам нормативних документів GMP, що можуть призвести до тяжких наслідків для здоров'я, є мікробіологічні забруднення. Поява мікробіологічного забруднення в більшості випадків обумовлена технологією виробництва або умовами зберігання, транспортування.

Відомо, що в харчовій промисловості в ході знезараження порошкоподібних матеріалів перевагу віддають фізичним, або безреагентним методам, оскільки під час їх використання не змінюються склад і властивості матеріалів, які підлягають обробці. При цьому використання тих чи тих технічних рішень для різних дрібнодисперсних частинок потребує проведення ряду експериментальних робіт, спрямованих на пошуки найбільш ефективних альтернативних підходів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Аналіз останніх досліджень показав, що лікарські засоби не завжди відповідають за мікробіологічними показниками вимогам нормативної документації [1, 2]. Крім того, відсутність інформації відносно експериментальних досліджень щодо бактерицидного знезараження лікарських засобів обумовлює необхідність пошуку альтернативних методів для їх бактерицидного знезараження. У зв'язку з цим, проведення бактерицидного знезараження активованого вугілля, що широко використовують у медичній практиці, є необхідним для отримання безпечного продукту. Невідповідність активованого вугілля вимогам нормативної документації за показником «мікробіологічна чистота» під час вживання як сорбенту може викликати незворотні шкідливі процеси в організмі людини.

Нині існування різних методів і способів знезараження порошкоподібних матеріалів, зокрема такого, як активоване вугілля з розміром частинок від 1 мкм до 0,2 мм, не завжди дають можливість отримати позитивні результати під час інактивації мікроорганізмів: вегетативних, спорових форм бактерій та іншої мікрофлори у фармацевтичній і харчовій промисловості [1–3].

Відомо, що для опромінення порошкоподібних матеріалів використовують хімічні методи знезараження [1, 2]. Недоліками цих методів, як і інших хімічних методів та способів для їх

здійснення, є те, що вплив будь-яких хімічних речовин на інгредієнти різних препаратів та продукти потенційно небезпечний. Це призводить до зміни фізико-хімічних і біологічних властивостей об'єктів [4].

Отже, методи дезінфекції, які базуються на застосуванні хімічних дезінфікуючих реагентів (сильних окислювачів: озон, хлор), та радіаційні методи, які використовують різні іонізуючі випромінювання (рентгенівське, гамма-випромінювання), супроводжуються впливом на структуру, що призводить до незворотних змін фізико-хімічних властивостей і погіршує біологічну цінність продукту [3, 4].

Для ефективного забезпечення мікробіологічної чистоти різних порошкоподібних матеріалів використовують УФ-випромінювання, в основі якого лежать хімічні зміни молекул [5, 6]. Залежно від УФ-потужності й дози поглинання існують діапазони [7]:

а) за надзвичайно високої опроміненості поверхні УФ-випромінюванням (1-1 кВт/см²) за рахунок використання потужних імпульсних джерел [3, 8], бактерії або інші мікроорганізми поглинають настільки багато енергії, що їх температура піднімається вище 130 °С, це спричиняє їх термічне руйнування;

б) за низьких рівнів опроміненості УФ-випромінюванням і незначних отриманих доз механізм інактивації нетермічний, а УФ-випромінювання діє на молекулярному рівні, коли поглинання УФ-фотонів ДНК порушує здатність мікроорганізму до відтворення [3, 8, 9]. Саме тому слово «вбиває» не вживають до даного типу УФ-знезараження, а використовують термін «інактивація» [3, 10].

Інактивація організмів відбувається за рахунок фотохімічних реакцій, ефективність яких залежить від довжини хвилі випромінювання або від енергії фотона. Тому в роботі використано випромінювання, яке спричиняє бактерицидну дію, що лежить у діапазоні довжин хвиль 205-315 нм [10, 11].

Ураховуючи факт непрозорості твердих середовищ, для УФ-випромінювання під час обробки порошкоподібних матеріалів застосовують вібраційні або ротаційні апарати, які забезпечують перемішування частинок, піддаючи їх УФ-опромінюванню з усіх сторін. Застосування таких апаратів для забезпечення опромінювання всіх видимих для УФ-випромінювання поверхонь повинне супроводжуватися трива-

лим часом обробки для досягнення найбільшої ймовірності опромінення всієї поверхні частинок із необхідною для інактивації дозою.

Відома установка для обробки сипучих продуктів опроміненням, у тому числі й УФ [12], що включає завантажувальний і розвантажувальні пристрої, а також камеру для опромінювання, яка складається з верхнього та нижнього барабанів, усередині яких встановлені джерела ГЧ- та УФ-випромінювань. Продукт подається у шнековий транспортер, який переміщує його вздовж барабана, що обертається. Усередині верхнього барабана встановлені ГЧ-лампи, що призначені для нагріву й сушіння продукту, після яких продукт потрапляє в нижній барабан. У нижньому барабані продукт опромінюється УФ-лампами, під дією яких відбувається його стерилізація. УФ-лампи в захисних чохлах розташовані дугою і прикріплені до стінок барабана. Оброблений продукт розвантажують і пакують.

Недоліком пристрою є розміщення джерел УФ-випромінювання, що не забезпечують опромінення продукту, який знаходиться у вигляді товщі шару, що знижує проникнення УФ-випромінювання по всій глибині продукту й перешкоджає його всебічній обробці. До того ж дана установка включає додаткову операцію – розвантаження та пакування –, яка не виключає ймовірності повторного забруднення продукту. Крім того, у пристрої застосовується ГЧ-випромінювання для нагріву та сушіння, що не бажано використовувати для активованого вугілля.

Відома також установка для обробки сипучих продуктів опроміненням [13]. Установка включає завантажувальний і розвантажувальні пристрої, робочу камеру у вигляді похилого барабана, на стінках якого є виступи, що переміщують продукт. Усередині барабана встановлені касети із джерелами ГЧ- та УФ-випромінювань. У барабан за допомогою спеціального пристрою подається повітря, яке видаляє пил і сторонні включення методом аспірації. Із пристрою завантажений продукт подається в барабан, де одночасно рухається в наповненій комірці вгору за напрямом обертання барабану й до розвантажувального пристрою. Під час переміщення частинки продукту перекочуються і в падінні повертаються різними сторонами відносно джерел ГЧ- та УФ-випромінювання. Час перебування продукту

в зоні опромінення залежить від кута нахилу платформи.

Конструкція пристрою передбачає пересипання і перемішування продукту, що дозволяє опромінювати частинки в падінні з усіх боків. Проте угруповання ламп у касети та їх розташування в центрі барабана не забезпечує з достатньою надійністю нормативної дози опромінення оброблюваного продукту. Це відбувається тому, що під час падіння в барабані та проходження зони опромінення частинки рухаються нерівномірно. Зазначені особливості руху частинок оброблюваної речовини при розташуванні ламп у пристрої не враховувалися, тому за час проходження зони опромінення вони не отримували необхідної для знезараження УФ-дозы. За рахунок зміни нахилу барабана не можна забезпечити необхідної дози, так як якщо кут нахилу барабана великий, то швидкість падіння частинок збільшується, а за малих кутів продукт не буде перемішуватися і пересипатися з достатнім ступенем інтенсивності. За таких умов частина продукту, особливо на периферії барабана, не буде піддаватися взагалі опроміненню. Крім того, у випадку розташування таким чином ламп створюються зони низької інтенсивності випромінювання, потрапляючи в які продукт також недостатньо опромінюється.

Усі інші методи та пристрої УФ-опромінення мають аналогічний принцип.

Спроби створення ефективної технології дезінфекції порошкоподібних матеріалів із використанням УФ-опромінення робили неодноразово, проте помітних позитивних результатів не спостерігали.

Формування цілей статті (постановка завдання). Мета дослідження полягає в розробці технології бактерицидного знезараження вугілля активованого «Сілкарбон» для виробництва нестерильних лікарських форм із використанням УФ-опромінення.

Виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів. У результаті перевірки вугілля активованого «Сілкарбон» для виробництва нестерильних лікарських форм державною науково-дослідною лабораторією з контролю якості лікарських засобів інституту гігієни та медичної екології імені О. М. Марзєєва на відповідність вимогам нормативної документації встановлено, що за мікробіологічною чисто-

тою (МКЯ № UA/11425/01/01) воно відповідає за загальним числом аеробних мікроорганізмів (ТАМС), але не відповідає за загальним числом дріжджових і плісневих грибів (ГУМС). Результати дослідження представлені в табл. 1.

Провівши аналіз запропонованих методів і пристроїв для бактерицидного знезараження порошкоподібних матеріалів, науково-технічний центр Вищого навчального закладу Уко-

опспілки «Полтавський університет економіки і торгівлі» провів експериментальні роботи з опромінювання частинок активованого вугілля з використанням різних технічних рішень:

- УФ-опромінення на горизонтальній поверхні за постійного перемішування відносно джерела випромінювання;
- УФ-опромінення за рахунок прискорення вільного падіння під впливом сили тяжіння.

Таблиця 1

Результати перевірки відповідності вугілля активованого вимогам нормативної документації

| Показники | Вимоги НД (МКЯ № UA/11425/01/01) | Результати аналізів |
|---|----------------------------------|----------------------------|
| Мікробіологічна чистота: | | |
| – загальне число аеробних мікроорганізмів (ТАМС); | Не більше 10^3 КУО/г | Відповідає (500 КУО/г) |
| – загальне число дріжджових і плісневих грибів (ГУМС) | Не більше 10^2 КУО/г | Не відповідає (2575 КУО/г) |

У разі опромінення на алюмінієвій фользі (горизонтальна поверхня) для підвищення ефективності частинки активованого вугілля під дією вібрації переміщуються відносно джерела УФ-випромінювання. Час опромінення – 5 хв та 20 хв на відстані 250 мм. Під час опромінення на поверхні використовували ультрафіолетову лампу низького тиску [14,

15] із кварцового скла потужністю 80 Вт компанії Jianguyin Feiyang Instrument Co., Ltd, яку підключали з використанням електронного ПРА відповідної потужності. Для підвищення ефективності УФ-опромінення використовували екран з альзакірованого алюмінію [16, 17]. Характеристики лампи представлені в табл. 2.

Таблиця 2

Характеристики лампи із кварцового скла Jianguyin Feiyang Instrument Co., Ltd потужністю 80 Вт із цоколем типу 4ре

| Тип лампи | P, Вт | I, mA | U, В | УФ-випромінювання на відстані 1 м, Вт/см ² | Термін служби, год |
|-------------|-------|-----------|------|---|--------------------|
| ZW80D19W(Y) | 80 | 800-1 200 | 120 | 240-270 | 8 000 |

Результати з УФ-опромінення вугілля активованого на поверхні представлені в табл. 3.

У таблиці наведені середні фактичні значення кількості дріжджових і плісневих грибків за 3-ма експериментальними значеннями з імовірністю 95 %.

Як свідчать результати табл. 3, під дією УФ-опромінення вугілля активованого ($t=5$ хв) кількість дріжджових грибів зменшується на 63 %, а плісневих грибів – на 20 %. У разі збільшення

часу опромінення ($t=20$ хв) кількість дріжджових грибів зменшується на 69 %, а плісневих грибів зменшується на 28 %. Збільшення часу УФ-опромінення вчетверо не призвело до зменшення кількості бактерій на відповідну величину.

Ураховуючи неефективність застосування УФ-опромінення для активованого вугілля на поверхні, використаємо інше технічне рішення, що базується на другому законі Ньютона та силі вільного падіння [5, 6].

Таблиця 3

Результати УФ-опромінення вугілля активованого на поверхні

| Параметри експерименту | Назва показника | НД на метод випробувань | Вимоги НД (МКЯ № UA/11425/01/01) | Фактичне значення, шт |
|---|----------------------------|-----------------------------|---|-----------------------|
| Вхідний зразок (без УФ-опромінення) | Дріжджові гриби, КУО в 1 г | Державна фармакопея України | Загальне число аеробних мікроорганізмів (ТАМС) не більше 10^3 КУО/г. Загальне число дріжджових та плісневих грибів (ТУМС) не більше 10^2 КУО/г | $7,0 \cdot 10^3$ |
| | Плісневі гриби, КУО в 1 г | | | $1,0 \cdot 10^3$ |
| Поверхнє опромінення на фользі, $t=5$ хв | Дріжджові гриби, КУО в 1 г | | | $2,6 \cdot 10^3$ |
| | Плісневі гриби, КУО в 1 г | | | $8,0 \cdot 10^2$ |
| Поверхнє опромінення на фользі, $t=20$ хв | Дріжджові гриби, КУО в 1 г | | | $2,2 \cdot 10^3$ |
| | Плісневі гриби, КУО в 1 г | | | $7,2 \cdot 10^2$ |

Для вирішення поставленого завдання запропоновано технічне рішення, в основі якого використано пристрій УФ-опромінення активованого вугілля, що представляє собою камеру у вигляді циліндра довжиною 1,5 м, у якій рівномірно по периметру і відповідно по всій довжині розміщують газорозрядні УФ-лампи низького тиску потужністю 80 Вт (див. табл. 2). Над камерою знаходиться завантажувальний бункер, із якого продукт подається на вібросито. Вібросито, забезпечуючи попередній розсів, перешкоджає агломерованим частинкам потрапляти в камеру опромінення, де під дією ультрафіолетового випромінювання

відбувається процес знезараження. Частинки в камері опромінення, після розсіювання, рухаються під дією сили вільного падіння. Після проходження через камеру опромінення, активоване вугілля потрапляє відразу в ємність для пакування, щоб запобігти пересипанню та ймовірності появи спорових форм бактерій і мікрофлори.

Отримані результати УФ-опромінення вугілля активованого в камері представлені в табл. 4. У таблиці наведені середні фактичні значення кількості дріжджових і плісневих грибків за 3-ма експериментальними значеннями з імовірністю 95 %.

Таблиця 4

Результати УФ-опромінення вугілля активованого в камері УФ-опромінення

| Параметри експерименту | Назва показника | НД на метод випробувань | Вимоги НД (МКЯ № UA/11425/01/01) | Фактичне значення, шт |
|-------------------------------------|----------------------------|-----------------------------|---|-----------------------|
| Вхідний зразок (без УФ-опромінення) | Дріжджові гриби, КУО в 1 г | Державна фармакопея України | Загальне число аеробних мікроорганізмів (ТАМС) не більше 10^3 КУО/г. Загальне число дріжджових та плісневих грибів (ТУМС) не більше 10^2 КУО/г | $7,5 \cdot 10^3$ |
| | Плісневі гриби, КУО в 1 г | | | $2,0 \cdot 10^3$ |
| 2 лампи потужністю по 80 Вт | Дріжджові гриби, КУО в 1 г | | | $2,1 \cdot 10^3$ |
| | Плісневі гриби, КУО в 1 г | | | $1,1 \cdot 10^3$ |
| 4 лампи потужністю по 80 Вт | Дріжджові гриби, КУО в 1 г | | | $1,3 \cdot 10^3$ |
| | Плісневі гриби, КУО в 1 г | | | $6,4 \cdot 10^2$ |
| 4 лампи потужністю по 80 Вт (двічі) | Дріжджові гриби, КУО в 1 г | $1,2 \cdot 10^3$ | | |
| | Плісневі гриби, КУО в 1 г | $5,5 \cdot 10^2$ | | |

Як свідчать результати табл. 4, при УФ-опроміненні вугілля активованого в камері під дією двох ламп низького тиску із кварцового скла потужністю 80 Вт кількість дріжджових і плісневих грибів зменшується на 62 % і 45 %, відповідно (зразок № 2). У разі збільшення дози опромінення за рахунок кількості ламп кількість дріжджових і плісневих грибів зменшується на 82,7 % і 68 %, відповідно (зразок № 3). У разі збільшення дози опромінення за рахунок повторного УФ-опромінення в камері кількість дріжджових і плісневих грибів зменшується на 84 % і 72,5 %, відповідно (зразок № 4).

Висновки із зазначених проблем і перспективи подальших досліджень у поданому напрямі. Запропоновано технологію та пристрій бактерицидного знезараження активованого вугілля з використанням УФ-випромінювання, що має переваги в порівнянні із запропонованими раніше методами й технічними рішеннями. Отримані результати УФ-опромінення активованого вугілля показали значне зниження загального ступеня інактивації дріжджами та плісневими грибами (ТУМС).

Ефективність знезараження залежить від багатьох чинників: необхідної дози опромінення; фізико-хімічних характеристик матеріалу, що опромінюється УФ-променями (розміру та поверхні частинок, однорідності, а також їх прозорості для УФ-променів) і т. ін.

У подальшому планується провести ряд експериментальних робіт щодо вдосконалення конструкції пристрою для УФ-опромінення в камері з використанням інших фізичних методів [15], віддаючи перевагу комбінованим методам [18].

СПИСОК ІНФОРМАЦІЙНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Випробування комбінованого крему проти-грибкової дії за показником «мікробіологічна чистота» / [С. В. Бірюкова, Дуллах Арам, І. О. Власенко та ін.] // Фармацевтичний журнал. – 2015. – № 1. – С. 27–37.
2. Оценка микробиологической чистоты мягкой лекарственной формы с катиозином / Ивахненко Е. Л., Стрелец О. П., Стрельников Л. С., Кустова С. П. // Курский научно-практический вестник «Человек и его здоровье». – 2013. – № 2. – С. 102–105.
3. Дослідження та розробка вдосконалених конструкцій ультрафіолетових джерел випромінювання для установок фотохімічної і фотобіологічної дії : звіт про НДР (заключ.) : № 1 від 01 січня 2011 р. / Вищий навчальний заклад Укоопспілки «Полтавський університет економіки і торгівлі»; кер. : Кожушко Г. М.; виконав : Семенов А. О. [та ін.]. – Полтава, 2015. – 306 с. – № ДР 0112U007433. – Інв. № 0715U003750.
4. Germicidal ultraviolet irradiation. Modern and effective methods to combat pathogenic microorganisms / B. Stephen, Jr. Martin, D. Chuck, [and etc.] // ASHRAE JOURNAL. – 2008 – Vol. 50 (8). – pp. 18–20.
5. Семенов А. А. Ультрафиолетовое излучение для обеззараживания сыпучих пищевых продуктов / А. А. Семенов // Вісник національного технічного університету «ХПІ» : збірник наукових праць. Сер. : Нові рішення в сучасних технологіях. – 2014. – № 17 (1060) – С. 25–30.
6. Пат. 93489 Україна, МПК А23L 3/26 (2006.01). Спосіб бактерицидного знезараження сипучих харчових продуктів / А. О. Семенов, Г. М. Кожушко, Л. В. Дугніст, Н. В. Семенова; замовник і патентовласник Вищий навчальний заклад Укоопспілки «Полт. ун-т екон. і торг». – № 201401140; заявк. 06.02.2014; опубл. 10.10.2014, Бюл. № 19.
7. Ультрафиолетовые технологии в современном мире : монография / Ф. В. Кармазинов, С. В. Костюченко, Н. Н. Кудрявцев, С. В. Храменков (ред.). – Долгопрудный : Изд-во Дом «Интеллект». – 2012. – 392 с.
8. Василяк Л. М. Применение импульсных электроразрядных ламп для бактерицидной обработки / Л. М. Василяк // Электронная обработка материалов. – 2009. – № 1. – С. 30–40.
9. Вассерман А. Л. Ультрафиолетовое излучение в профилактике инфекционных заболеваний / А. Л. Вассерман, М. Г. Шандала, В. Г. Юзбашев. – Москва : Медицина, 2003. – 208 с.

10. Семенов А. О. Використання ультрафіолетового випромінювання для бактерицидного знезараження води, повітря та поверхонь / А. О. Семенов, Г. М. Кожушко, Н. В. Семенова // Науковий вісник Національного лісотехнічного університету України : збірник науково-технічних праць. – 2013. – № 23.02. – С. 179–186.
11. Семенов А. Бактерицидне знезараження сипких харчових продуктів / А. Семенов, Н. Семенова // Міжвідомчий науково-технічний збірник «Виміррювальна техніка та метрологія». – 2013. – № 74. – С. 150–154.
12. Пат. 2124299 Российская Федерация, МПК⁷ A23 L1/025. Установка для обработки сыпучих продуктов облучением / Г. С. Зелинский, Э. Е. Шевченко, Н. Н. Новиков, Л. Г. Приезжаева, А. Ф. Шухнов, Н. В. Карягин, В. И. Затолокин ; заявит. и патентообладатель: Всероссийский научно-исследовательский институт зерна и продуктов переработки. – № 97119021/13 ; заявл. 04.11.1997 ; опубл. 10.01.1999.
13. Пат. 2157650 Российская Федерация, МПК⁷ A23 L3/025, A23 N17/00. Установка для обработки сыпучих продуктов облучением / В. М. Кулюкин, Е. В. Доброзракова, О. В. Кулюкин, В. А. Рязанова ; заявит. и патентообладатель: Общество с ограниченной ответственностью «Энергопреобразующие и аккумулирующие системы» (ООО «ЭПАС»). – № 99112216/13 ; заявл. 07.06.1999 ; опубл. 20.10.2000.
14. Семенов А. О. Особливості конструкції одноцокольних ламп для ультрафіолетового опромінювання / А. О. Семенов // Scientific Journal “ScienceRise”. – 2014. – № 5/2 (4). – С. 64–67.
15. Семенов А. О. Безозонні бактерицидні лампи для установок фотохімічної і фотобіологічної дії / А. О. Семенов, Г. М. Кожушко, Л. В. Баля // Технологический аудит и резервы производства. – 2015. – № 4/1 (24). – С. 4–7.
16. Высокоинтенсивные источники ультрафиолетового излучения и их применение в технологических процессах / Г. С. Сарычев, Г. Н. Гаврилкина, С. Г. Ашурков, Е. И. Розовский // Светотехника. – 1979. – № 9. – С. 5–8.
17. Семенов А. О. Ультрафіолетове випромінювання та оптичні властивості матеріалів в УФ-області / А. О. Семенов, А. Д. Кобищан, Н. В. Семенова // Сборник научных трудов SWorld. – 2014. – Т. 2, № 1. – С. 76–80.
18. Семенов А. О. Знезараження води комбінованими методами – УФ-випромінювання в поєднанні з іншими технологіями / А. О. Семенов, Г. М. Кожушко, Т. В. Сахно // Технологический аудит и резервы производства. – 2016. – № 3/3 (29). – С. 67–71.

REFERENCES

- Biriukova, S. V., Aram Dullakh, Vlasenko, I. O., Davtian, L. L., Vojda, Yu. V. (2015) Vyprobuvannia kombinovanoho kremu protyhyrbkovoї diї za pokaznykom «mikrobiolohichna chystota» [Test antifungal cream combined action in terms of «microbiological purity»]. *Farmatsevychnyj zhurnal – Pharmaceutical journal*, 1, 27–37 [in Ukrainian].
- Yvakhnenko, E. L., Strelets, O. P., Strel'nykov, L. S., Kustova, S. P. (2013) Otsenka mykrobyolohycheskoj chystoty miahkoj lekarstvennoj formy s katyazynom. [Evaluation of microbiological purity soft dosage form katiiazinom]. *Kurskyj nauchno-praktycheskyj Vestnyk «Chelovek y eho zdorov'e» – Kursk Scientific-Practical Journal of «Man and his health»*, 2, 102–105 [in Russian].
- Doslidzhennia ta rozrobka vdoskonalenykh konstruksij ul'trafiolietovykh dzherel vyprominiuvannia dlia ustanovok fotokhimichnoi i fotobiolohichnoi diї : zvit pro NDR (zakliuch.) : № 1 vid 01 sichnia 2011 r. / VNZ Ukoopspilky «Poltavs'kyj universytet ekonomiky i torhivli» ; ker. Kozhushko H. M. ; vykonav. : Semenov A. O. [ta in.]. – Poltava, 2015. – 306 s. – № DR 0112U007433. – Inv. № 0715U003750 [in Ukrainian].
- Germicidal ultraviolet irradiation. Modern and effective methods to combat pathogenic microorganisms / B. Stephen, Jr. Martin, D. Chuck, [and etc.] // *ASHRAE JOURNAL*. – 2008 – Vol. 50 (8). – pp. 18–20.
- Semenov, A. A. (2014) Ul'trafiolietovoe yzluchenyedlia obezzarazhyvaniya sypuchykh

- pyschevykh produktov. [Ultraviolet light for disinfection of bulk foodstuffs]. *Visnyk natsional'noho tekhnichnoho universytetu «KhPI»: Zbirnyk naukovykh prats'. Serii: Novi rishennia v suchasnykh tekhnolohiiakh – Bulletin of National Technical University «KPI»: Collection of scientific papers. Series: New solutions in modern technologies – 17 (1060), 25–30 [in Ukrainian].*
6. Pat. 93489 Ukrai'na, MPK A23L 3/26 (2006.01). Cposib bakterycydnoho znezarazhennja sypuchykh harchovykh produktiv / A. O. Semenov, G. M. Kozhushko, L. V. Dugnist, N. V. Semenova; zamovnyk i patentovlasnyk VNZ Ukoopspilky "Polt. un-t ekon. i torg". – № 201401140; zajavk. 06.02.2014; opubl. 10.10.2014, Bjul. № 19.
 7. Karmazynov, F. V., Kostjuchenko, S. V., Kudrjavcev, N. N., Hramenkov, S. V. (2012). *Ul'trafoletovyje tehnology v sovremennom myre : monografija. Dolgoprudnyj : Yz-vo Dom «Yntellekt» [in Russian].*
 8. Vasiljak, L. M. (2009). Primenenie impul'snyh jelektrozrjadnyh lamp dlja baktericidnoj obrabotki [Применение импульсных электророзрядных ламп для бактерицидной обработки]. *Jelektronnaja obrabotka materialov*, 1, 30–40 [in Russian].
 9. Vasserman, A. L., Shandala, M. G., Juzbashev, V. G. (2003). *Ul'trafoletovoe izluchenie v profilaktike infekcionnyh zabojevanij. – Moscow : Medicina [in Russian].*
 10. Semenov, A. O., Kozhushko, G. M., Semenova, N. V. (2013). Viktoristannja ul'trafoletovogo viprominjuvannja dlja baktericidnoho znezarazhennja vodi, povitrja ta poverhon' [The use of ultraviolet light for antibacterial disinfection of water, air and surfaces]. *Naukovij visnik Nacional'noho lisotekhnichnoho universytetu Ukraïni : zbirnik naukovo-tehnicnih prac'.* – 23.02, 179–186.
 11. Semenov, A., Semenova, N. (2013). Bakterytsydne znezarazhennja sypkykh harchovykh produktiv [Germicidal disinfection of bulk food]. *Mizhvidomchyj naukovo-tehnicnyj zbirnyk «Ymirjuval'na tehnika t metrologija» (74), (pp. 150–154). [in Ukrainian].*
 12. Pat. 2124299 Rossyjskaja Federacyja, MPK A23 L1/025. Ustanovka dlja obrabotky syypuchykh produktov obluchenym / G. S. Zelynskyj, E. E. Shevchenko, N. N. Novykov, L. G. Pryezzhaeva, A. F. Shuhnov, N. V. Karjagyn, V. Y. Zatokyn ; zajavyt. y patentoobladatel': Vserossyjskij nauchno-issledovatel'skij ynstitut zerna y produktov pererabotky. – № 97119021/13 ; zajavl. 04.11.1997 ; opubl. 10.01.1999.
 13. Pat. 2157650 Rossyjskaja Federacyja, MPK A23 L3/025, A23 N17/00. Ustanovka dlja obrabotky syypuchykh produktov obluchenym / V. M. Kuljukyn, E. V. Dobrozrakova, O. V. Kuljukyn, V. A. Rjzanova ; zajavyt. y patentoobladatel': Obshhestvo s ogranychennoj otvetstvennost'ju «Энергопреобразующие и аккумулярующие системы» (ООО «ЭПАС»). – № 99112216/13 ; zajavl. 07.06.1999 ; opubl. 20.10.2000.
 14. Semenov, A. O. (2014). **Osoblyvosti konstruktivnykh odnotokol'nykh lamp dlja ul'trafoletovoho oprominyuvannja [Design features of one-basement lamps for UV exposure].** *Scientific Journal «ScienceRise», 5/2 (4), 64–67 [in Ukrainian].*
 15. Semenov, A. O., Kozhushko, G. M., Balja, L. V. (2015) Bezozonni baktericidni lampi dlja ustanovok fotohimichnoi i fotobiologichnoi dii [Bezozonni germicidal lamps for installations and photo-biological photochemical action]. *Tehnologicheskij audit i rezervy proizvodstva – Technology audit and production reserves*, 4/1 (24), 4–7 [in Ukrainian].
 16. Sarychev, G. S., Gavrilkina, G. N., Ashurkov, S. G., Rozovskij, E. I. (1979). Vysokointensivnye istochniki ul'trafoletovogo izluchenija i ih primenenie v tehnologicheskikh processah [High-intensity sources of ultraviolet radiation and their application in technological processes] *Svetotekhnika – Light and Engineering*, 9, 5–8 [in Russian].
 17. Semenov, A. O., Kobishhan, A. D., Semenova, N. V. (2014) Ul'trafoletove viprominjuvannja ta optichni vlastivosti materialiv v UF-oblasti [Ultraviolet radiation and optical properties of materials in the UV region]. *Sbornik nauchnyh trudov SWorld – Collection of scientific works SWorld*, T. 2 (1), 76–80 [in Ukrainian].

18. Semenov, A. O., Kozhushko, G. M., Sahno, T. V. (2016). Znezarazhennja vodi kombinovanimi metodami – UF-viprominjuvannja v poednanni z inshimi tehnologijami [Water disinfection combined methods - ultraviolet

radiation in combination with other technologies]. *Tehnologicheskij audit i rezervy proizvodstva – Technology audit and production reserves*, 3/3 (29), 67–71 [in Ukrainian].

А. А. Семенов, кандидат физико-математических наук, доцент; **Г. М. Кожушко**, доктор технических наук, профессор; **Т. В. Сахно**, доктор химических наук, профессор; **Л. В. Дугнист** (Высшее учебное заведение Укоопсоюза «Полтавский университет экономики и торговли»). **Разработка технологии бактерицидного обеззараживания активированного угля.**

Аннотация. Одной из проблем многих порошкообразных материалов пищевой промышленности и лекарственных средств является их микробиологическое загрязнение. **Цель** исследования заключается в разработке технологии бактерицидного обеззараживания угля активированного «Силкарбон» для производства нестерильных лекарственных форм с использованием УФ-облучения. Поиск новых технических решений бактерицидного обеззараживания с использованием современных методов был и остается актуальным для исследований. **Методика исследования.** Для уменьшения количества дрожжевых и плесневых грибов в активированном угле «Силкарбон» проведены экспериментальные исследования по УФ-облучению тонкого слоя мелкодисперсного порошка при его перемешивании и путем облучения при свободном падении в камере. **Результаты.** Для реализации предложенного метода разработана конструкция камеры цилиндрической формы, по периметру которой размещаются мощные лампы низкого давления с длиной волны 254 нм. Показано, что при УФ-облучении активированного угля наблюдается значительное снижение общей степени инактивации дрожжами и плесневыми грибами (ТУМС). **Выводы.** Эффективность обеззараживания зависит от многих факторов: необходимой дозы облучения; физико-химических характеристик материала, что облучается УФ-лучами (размера и поверхности частиц, однородности, а также их прозрачности для УФ-лучей) и т. д.

Ключевые слова: УФ-облучение, инактивация, активированный уголь, микробиологическая чистота, доза УФ-облучения.

A. Semenov, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor; **G. Kozhushko**, Doctor of Technical Sciences, Professor; **T. Sakhno**, Doctor of Chemistry Sciences, Professor; **L. Duhnyst** (Poltava University of Economics and Trade). **Development of technology of bactericidal disinfection activated carbon.**

Summary. Purpose. Medicinal products for microbiological indicators are not always meet the requirements of regulatory documents. Lack of information on experimental studies on bactericidal disinfection drugs necessitates finding alternative methods for their bactericidal disinfection. The purpose of the studies is activated carbon, which binds and removes from the body toxins. Inconsistency activated carbon requirements of regulatory documents in terms of “microbiological purity” when used as a sorbent, may cause irreversible harmful processes in the body. **Methods.** To reduce the number of yeast and mold fungi in activated carbon “Silkarbon” Experimental study on UV thin layer of fine powder and mixing it with radiation by free fall at the camera. For the proposed construction method designed cylindrical chamber, which is located on the perimeter of the powerful lamps of low pressure with a wavelength of 254 nm. We show that when UV irradiation is reduced inactivation of activated charcoal yeast and mold fungi (TYMC). **Results.** We propose technology and bactericidal disinfection device activated carbon using UV radiation having advantages over previously proposed methods and technical solutions. The results UV activated carbon showed a significant reduction in the overall degree of inactivation of yeast and mold fungi (TYMC). As the results of at UV irradiation of the coal activated in the chamber under the action of 2 low pressure quartz glass lamps of 80 W, the amount of yeast and mildew fungi decreases by 62 % and 45 % respectively. When increasing the radiation dose due to the number of lamps, the number of yeast and mildew fungi decreases by 82,7 % and 68 % respectively. With an increase in the dose of irradiation due to repeated UV exposure in the cell, the amount of yeast and mildew fungi decreases by 84 % and 72,5 % respectively. **Conclusions.** The effectiveness of decontamination depends on many factors: the required radiation dose, as well as on the physico-chemical characteristics of the material being irradiated by UV rays, namely: the size and surface of the particles, homogeneity, and their transparency for UV rays, etc.

Keywords: UV-irradiated, inactivation, activated carbon, microbiological purity, the dose of UV radiation.