

УДК 615.1:66.06:504.5

БЕССАРАБОВ В. І. \*, ВАХІТОВА Л. М. \*\*, КУЗЬМІНА Г. І. \*,  
ВАСИЛЕНКО В. Ю. \*

Київський національний університет технології та дизайну\*  
Інститут фізико-органічної хімії і вуглекімії ім. Л. М. Литвиненка НАН  
України\*\*

### ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДУ ОЧИЩЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ ФАРМАЦЕВТИЧНИХ ТА ХІМІЧНИХ ВИРОБНИЦТВ З ВИКОРИСТАННЯМ МІЦЕЛЯРНОЇ СИСТЕМИ ДЕЗАКТИВАЦІЇ

**Мета.** Дослідження методу очищення технологічного обладнання фармацевтичних та хімічних виробництв з використанням нової міцелярної системи дезактивації на основі твердого джерела перексиду водню.

**Методика.** Модельною речовиною характерної хімічної структури обрано диметоат. В якості модельної системи для визначення ефективності системи деконтамінації використовували процес очищення технологічного обладнання при виробництві гербіциду на основі диметоату. Для визначення концентрації диметоату в розчинах використовували валідовану HPLC методику.

**Результати.** Встановлено, що нова міцелярна деконтамінаційна система на основі твердого джерела перексиду водню прийнятна для очищення технологічного обладнання в модельному процесі виробництва з використанням активного інгредієнту диметоату. Показано, що час дезактивації зараженого розчину із вмістом диметоату 3000 ррт до рівня нижче межі кількісного визначення становить 120 хвилин.

**Наукова новизна.** Вперше досліджено ефективність нової міцелярної системи дезактивації на основі твердого джерела перексиду водню для очищення технологічного обладнання в модельному процесі виробництва пестицидів на основі диметоату.

**Практична значимість.** На підставі оцінки ефективності нової міцелярної системи дезактивації на основі твердого джерела перексиду водню в процесі знезараження промивних вод, які містять диметоат, можуть бути розроблені технологічні схеми очищення технологічного обладнання в хімічній та фармацевтичній галузях промисловості.

**Ключові слова:** деконтамінація, фосфорорганічні сполуки, ефективність, метод очищення обладнання, тверде джерело перексиду водню, токсичні речовини.

**Вступ.** Проблема знешкодження фосфорорганічних сполук - активних компонентів хімічної зброї, пестицидів, активних фармацевтичних інгредієнтів, високотоксичних хімічних продуктів на сучасному етапі стає особливо актуальною, так як тісно пов'язана зі зростаючими вимогами до екологічної безпеки населення планети [1 - 2].

Наукові дослідження в цій області активізувалися після 1993 року з моменту прийняття міжнародної Конвенції про заборону хімічної зброї, відповідно до якої країни прийняли на себе зобов'язання ліквідувати заявлені запаси хімічної зброї [2].

Зі значного різноманіття технологій розкладання і утилізації фосфорорганічних сполук (ФОС) слід виділити три основні групи методів - хімічні, термічні і біологічні [3], які в даний час використовуються в промислових масштабах для знищення основних представників бойових отруйних речовин і пестицидів на основі ФОС: зарину (GB), зоману (GD), Ві-Екс-газу (VX), метафосу, хлорофосу та їх аналогів.

В якості основних технологічних підходів до руйнування ФОС хімічними методами використовуються гідроліз у водних розчинах лугів, окисне хлорування сумішшю хлорного вапна і гіпохлориду кальцію, алкоголіз моноетаноламіном або бутилатом калію з наступним

термічним бітуміруванням сольових концентратів і їх складуванням [3]. Спільними суттєвими недоліками наведених способів хімічної детоксикації є: періодичність застосовуваних технологій, значне корозійне навантаження на обладнання в силу агресивності дегазаційних середовищ, велика кількість забруднених стічних вод [3]. Необхідно також відзначити, що використовувані в промислових технологіях реагенти (луги, алкоголяти лужних металів, моноетаноламін) не відрізняються високою реакційною здатністю по відношенню до ефірів фосфорних і фосфонових кислот [3]. Ця обставина в сукупності з нерозчинністю ФОС у водних середовищах вимагає проведення процесів при високих температурах і значних концентраціях дегазуючого агента для скорочення часу детоксикації.

Тому основним завданням досліджень, пов'язаних зі знищенням ФОС, є пошук нових нетрадиційних рішень для конструювання ефективних дегазаційних систем на основі м'яких реагентів і середовищ з високим екологічним ступенем надійності і економічної доцільності [3].

В рамках сучасних напрямків пошуку хімічно активних компонентів, які швидко і необоротно розщеплюють екотоксиканти, особлива увага приділяється створенню універсальних систем окислювально-нуклеофільного механізму дії для знищення бойових отруйних речовин різної природи. Так, якщо по відношенню до ефірів і галогенангідридів фосфорорганічних кислот (GB) ефективними є нуклеофіли [4], а по відношенню до діалкілсульфідів типу іприту - окислювачі [5; 6], то для розщеплення речовин типу VX або сумішей сполук всіх трьох типів (GB, HD і VX) ефективними переважно є окислювально-нуклеофільні системи, що містять пару  $\text{NOX} - \text{OX}^-$  ( $\text{X} = \text{OH}, \text{Hal}$  і ін.) [7].

З практичної точки зору для цієї мети особливо привабливі системи на основі пероксиду водню, оскільки гідрпероксид-аніон  $\text{HO}_2^-$  є одним з найактивніших  $\alpha$ -нуклеофілів [1; 4; 8; 9], а  $\text{H}_2\text{O}_2$ , як відомо, проявляє слабкі окислювальні властивості [5; 10; 11]. Для посилення окисної реакційної здатності  $\text{H}_2\text{O}_2$  використовують різні активатори кислотної природи, які здатні перетворювати його в перексокислоти [5; 6]. Стосовно проблеми дегазації технологічного обладнання хімічних та фармацевтичних виробництв найбільший інтерес з точки зору екологічної та промислової безпеки представляє метод активації  $\text{H}_2\text{O}_2$  під дією гідрокарбонат-іона [5] і похідних борної кислоти [12].

**Постановка завдання.** Важливим аспектом ефективності систем деконтамінації ФОС є універсальний характер дії [2, 3]. Це передчає можливість застосування дегазуючого агента для очищення обладнання, технологічних поверхонь, які забруднені ФОС різної хімічної структури. Тому метою цього дослідження стало випробування ефективності нової деконтамінаційної системи на основі твердого джерела пероксиду водню [13] для очищення технологічного обладнання в модельному процесі з виробництва комерційного продукту на базі диметоату (O,O-Dimethyl S-[2-(methylamino)-2-oxoethyl] phosphorodithioate) – типового представника фосфорорганічних пестицидів.

**Матеріали та методи дослідження.** Використовували диметоат (Sigma-Aldrich, Inc., Німеччина) (модельна фосфорорганічна сполука), луг КОН (Lachema, Чеська Республіка), 1,4-діоксан (Alfa Aesar, Німеччина) без попереднього очищення. Для приготування розчинів використовували високочисту воду 1 класу.

Для проведення кінетичного дослідження використовували таке обладнання: рН-метр «рН-150 МИ» (ТОВ «Вимірювальна техніка», РФ); HPLC хроматограф Agilent 1100 Series (Agilent, UK); лабораторну установку водопідготовки RO-4 (Werner, Німеччина); установку для отримання високочистої води 1 класу Sartorius Stedim biotech Arium H2O pro DI-T (Sartorius, Німеччина); аналітичні ваги AccuLab ALC 110.4 (Sartorius, Німеччина); водяний термостат Brookfield TC-200 з системою охолодження Brookfield TC-350 (Brookfield, Сполучені Штати Америки).

В якості деконтамінаційного використовували розчин на основі міцелярної системи окисно-нуклеофільного типу [13].

Для визначення концентрації диметоату в розчинах використовували валідовану HPLC методику:

Аналітична колонка: Kinetex® 5 µm EVO C18 100 Å, LC Column 150 \* 4.6 mm.

Хроматографічні умови:

- Мобільна фаза: ацетонітрил: р-н оцтової кислоти (рН=3,5) = 40:60
- Швидкість потоку: 1 см<sup>3</sup>/хв
- Розчинник: ацетонітрил
- Температура термостату колонки: 40 °С
- Температура термостату інжектора: 20 °С
- Об'єм інжекції: 5 мкл
- Довжина хвилі детектування: PDA, λ = 210 нм.

У якості стандарту використовували зразок ГСО 7406-97 (98,7 %).

Для знезараження промивних вод очищення технологічного обладнання, забрудненого диметоатом, до зразка об'ємом 2500 см<sup>3</sup> додавали розроблений деконтамінаційний розчин [13] у кількості 500 см<sup>3</sup>.

Систему поміщали на магнітну мішалку та перемішували без підігріву зі швидкістю 10-20 об/хв протягом 2,5 годин.

Кожні 60 хв відбирали 25 мл робочого розчину та кількісно визначали вміст диметоату. Попереднім аналізом було встановлено початкову концентрацію диметоату в розчині.

**Результати дослідження.** Обчислення результатів дослідження проводили за відомим алгоритмом (формула 1–5):

Вміст диметоату (X) в досліджуваному зразку (промивних водах) визначали за рівнянням (1):

$$X = \frac{S \cdot m_{st}}{S_{st} \cdot m} \cdot P \quad (1)$$

де:

S<sub>st</sub> – площа піку диметоату на хроматограммі стандартного розчину, у.о.;

S – площа піку диметоату на хроматограммі випробуваного розчину, у.о.;

m<sub>st</sub> – маса стандартного зразка, взята для приготування стандартного розчину, г;

m – маса випробуваного зразка, взята для приготування випробуваного розчину, г;

P – чистота стандартного зразка (0,9530).

За результат приймали середні значення за всіма вимірами, які посторювали минимум 3 рази.

Розрахунки проводили за наступним алгоритмом:

1. Площу піку диметоату на кожній з хроматограмм приводили до номінальної наважки 50,00 мг за рівнянням (2):

$$S_{\text{п}} = \frac{S_0 * 0.0500}{m} \quad (2)$$

де:

$S_{\text{п}}$  – площа піку приведена до стандартної наважки, у.о.;

$m$  – маса наважки для приготування розчину, г.

2. Розраховували середню площу піку стандартного розчину за рівнянням (3):

$$S = \frac{\sum_{i=1}^N S_{i,st}}{N} \quad (3)$$

де:  $N$  – кількість вимірювань.

3. Розраховували середню площу піку стандартного розчину за рівнянням (4):

$$S = \frac{\sum_{i=1}^N S_{i,sm}}{N} \quad (4)$$

де:  $N$  – кількість вимірювань

Результати дослідження наведено в таблиці. Результат випробувань вважали достовірним, якщо середньоквадратичне відхилення для середнього значення хроматограмм стандартного розчину та середньоквадратичне відхилення для середнього значення хроматограмм випробуваного розчину не перевищувало 1,0% (відн.).

4. Розраховані значення  $S_{\text{st}}$  та  $S$  підставляли у рівняння (1) та проводили розрахунки. Вміст диметоату у ppm ( $C$ ) визначали за формулою (5) (табл. 1):

$$C = X * 10000. \quad (5)$$

Таблиця.

**Результати випробувань деконтамінації диметоату**

| Зразок  | $m$ , мг | $S_{\text{пр}}$ , у.о. | $S_{\text{сеп}}$ , у.о. | RSD,% | $C$ , ppm |
|---|----------|------------------------|-------------------------|-------|-----------|
| Стандарт  | 14,00    | 5066019                | 5077335                 | 0,32  | -         |
|   | 7,00     | 5088651                |                         |       |           |
| Промивні води (вихідний зразок)                 | 10013,00 | 14211                  | 14224                   | 0,13  | 2765      |
|   | 10013,00 | 14237                  |                         |       |           |
| Промивні води (через 60 хвилин деконтамінації)  | 10484,20 | 214                    | 217                     | 1,74  | 42        |
|   | 10484,20 | 220                    |                         |       |           |
| Промивні води (через 120 хвилин деконтамінації) | 15031,30 | 72                     | 72                      | 1,28  | 14        |
|   | 15031,30 | 72                     |                         |       |           |

Відповідно до валідації використаної методики визначення концентрації диметоату в розчині, межа кількісного визначення речовини становить 15 ppm.

Виходячи з отриманих даних час дезактивації зараженого розчину із вмістом забруднюючої речовини (диметоату) з  $\approx 3000$  ppm до рівня нижче межі кількісного визначення становить 120 хвилин. Цей показник є прийнятним для умов очищення технологічного обладнання в умовах хімічного виробництва.

**Висновки.** Нова міцелярна деконтамінаційна система на основі твердого джерела пероксиду водню прийнятна для очищення технологічного обладнання в модельному процесі виробництва з використанням активного інгредієнту диметоату. Час дезактивації зараженого розчину із вмістом диметоату 3000 ppm до рівня нижче межі кількісного визначення становить 120 хвилин.

Подальші розвідки у напрямку випробування міцелярної системи деконтамінації фосфорорганічних сполук на основі твердого джерела пероксиду водню будуть спрямовані на дослідження знезараження речовин, що забруднюють технологічне обладнання в різних процесах виробництва на фармацевтичних та хімічних підприємствах.

**Подяка.** Публікація містить результати досліджень, проведених за грантової підтримки Міністерства освіти і науки України (№ держ. реєстр. НДР 0116U004574).

#### Література

1. Нуклеофильная реакционная способность  $\text{HO}^-$ ,  $\text{HO}_2^-$ -анионов в водно-спиртовых смесях и  $\text{HCO}_4^-$ -аниона в воде / Савелова В. А. и др. // Журн. орган. химии. 2005. Т. 41 (12). С. 1810–1818.
2. Петров С. В. Основные проблемы уничтожения химического оружия // Журн. Рос. хим. об-ва им. Д. И. Менделеева. 1993. Т. 37 (3). С. 5 – 7.
3. Vakhitova L. Decontamination of methyl parathion in activated nucleophilic systems based on carbamide peroxisolvate / L. Vakhitova, V. Bessarabov, N. Taran, G. Kuzmina, G. Zagoriy, O. Baula, A. Popov // Eastern-European Journal of Enterprise technologies. 2017. Vol. 6, N 10(90). P. 31-37.
4. Неорганические анионные кислородосодержащие  $\alpha$ -нуклеофилы – эффективные акцепторы ацильной группы. Гидроксиламин – «лидер» в ряду  $\alpha$ -нуклеофилов / Симаненко Ю. С. и др. // Журн. орган. химии. 2002. Т. 38 (9). С. 1341 – 1353.
5. Equilibria, kinetics, and mechanism in the bicarbonate activation of hydrogen peroxide: oxidation of sulfides by peroxydicarbonate / Richardson D. E. et al. // J. Am. Chem. Soc.

#### References

1. Savelova V. A. et al. (2005). *Nukleofylnaia reaktivnost'  $\text{HO}^-$ ,  $\text{HO}_2^-$ -anyonov v vodno-spyrtovikh smesiakh y  $\text{HCO}_4^-$ -anyona v vode* [Nucleophilic reactivity of  $\text{HO}^-$ ,  $\text{HO}_2^-$  anions in water-alcohol mixtures and  $\text{HCO}_4^-$  anion in water]. *Zhurn. orhan. khymyy – Journal of Organic Chemistry*, 41 (12), 1810–1818 [in Russian].
2. Petrov S. V. (1993) *Osnovnie problemi unychtozheniya khymycheskoho oruzhyia* [The main problems of the destruction of chemical weapons]. *Zhurn. Ros. khym. ob-va im. D. I. Mendeleeva – Journal of D.I. Mendeleev Russian chemical society* 1993, 37 (3), 5 – 7 [in Russian].
3. Vakhitova, L., Bessarabov, V., Taran, N., Kuzmina, G., Zagoriy, G., Baula, O., Popov, A. (2017). Decontamination of methylparathion in activated nucleophilic systems based on carbamide peroxisolvate. *Eastern-European Journal of Enterprise technologies*, 6 (10 (90)), 31 – 37.
4. Symanenko Yu. S. et al. (2002). *Neorhanycheskye anyonnye kyslorodosoderzhashchye  $\alpha$ -nukleofily – effektivnye akseptory atsylnoi hruppi. Gidroksylamin – «lyder» v riadu  $\alpha$ -nukleofylov* [Inorganic anionic oxygen-containing  $\alpha$ -nucleophiles are effective acceptors of the acyl group. Hydroxylamine - "leader" in the  $\alpha$ -nucleophilic series]. *Zhurn. orhan. khymyy – Journal of Organic Chemistry*, 2002, 38 (9), 1341 – 1353 [in Russian].
5. Richardson D. E. et al. (2000). Equilibria, kinetics, and mechanism in the bicarbonate activation of hydrogen peroxide: oxidation of sulfides by peroxydicarbonate. *J.*

2000. Vol. 122 (8). P. 1729 – 1739.
6. Molybdate/peroxide oxidation of mustard in microemulsions / Wagner G. W. et al. // *Langmuir*. 2001. Vol. 17 (16). P. 4809 – 4811.
7. Wagner G. W., Yang Y.-C. Rapid nucleophilic/oxidative decontamination of chemical warfare agents // *Ind. Eng. Chem. Res.* 2002. Vol. 41 (8). P. 1925 – 1928.
8. Реакционная способность неорганических  $\alpha$ -нуклеофилов в процессах переноса фосфорильной и фосфонильной групп / Попов А. Ф. и др. // *Теорет. и эксперим. химия*. 2000. Т. 36 (4). С. 226 – 232.
9. Мицеллярные эффекты ПАВ в реакциях расщепления 4-нитрофенилдиэтилфосфоната гидропероксид-анионом / Соломоиченко Т. Н. и др. // *Теорет. и эксперим. химия*. 2006. Т.42 (6). С. 357 – 363.
10. Yao H., Richardson D. E. Bicarbonate surfoxidants: micellar oxidations of aryl sulfides with bicarbonate-activated hydrogen peroxide // *J. Am. Chem. Soc.* 2003. Vol. 125 (20). P. 6211 – 6221.
11. Мицеллярные эффекты в окислении метилфенилсульфида пероксидом водорода и пероксигидрокарбонат-анионом / Вахитова Л. Н. и др. // *Теорет. и эксперим. химия*. 2006. Т. 42 (5). С. 281 – 287.
12. Bessarabov V. Development of micellar system for the decontamination of organophosphorus compounds to clean technological equipment / V. Bessarabov, L. Vakhitova, G. Kuzmina, G. Zagoriy, O. Baula // *Eastern-European Journal of Enterprise technologies*. 2017. Vol. 1, N 6 (85). P. 42 – 49.
13. Патент України на винахід UA116710U. Деконтамінаційна композиція для утилізації фосфор- та сіркоорганічних токсичних речовин / Вахітова Любов Миколаївна (UA), Бессарабов Володимир Іванович (UA); заявник і власник патенту Інститут фізико-органічної хімії і вуглехімії ім. Л. М. Литвиненка НАН України. Заявл. 31.08.16. Опубл. 25.04.2018, Бюл. №8.
- Am. Chem. Soc.*, 122 (8), 1729 – 1739.
6. Wagner G. W. et al. (2001). Molybdate/peroxide oxidation of mustard in microemulsions. *Langmuir*, 17(16), 4809 – 4811.
7. Wagner G. W., Yang Y.-C. (2002). Rapid nucleophilic/oxidative decontamination of chemical warfare agents. *Ind. Eng. Chem. Res.*, 41(8), 1925 – 1928.
8. Popov A.F. et al. (2000). *Reaktsyonnaia sposobnost neorhanicheskykh  $\alpha$ -nukleofylov v protsessakh perenosa fosforylnoi y fosfonylnoi hrupp* [Reactivity of inorganic  $\alpha$ -nucleophiles in the transfer processes of phosphoryl and phosphonyl groups]. *Teoret. y eksperym. khymiya – Theoretical and experimental chemistry*, 36(4), 226 – 232, [in Russian].
9. Solomoichenko T. N. et al. (2006). *Mytselliarnie effekti PAV v reaktsiyakh rasshchepleniya 4-nitrofenyldyetylfosfonata hydroperoksyd-anyonon* [Micellar effects of surfactants in the reactions of 4-nitrophenyl diethylphosphonate cleavage by hydroperoxide anion]. *Teoret. y eksperym. khymiya – Theoretical and experimental chemistry*, 42(6), 357 – 363 [in Russian].
10. Yao H., Richardson D. E. (2003). Bicarbonate surfoxidants: micellar oxidations of aryl sulfides with bicarbonate-activated hydrogen peroxide // *J. Am. Chem. Soc.*, 125(20), 6211 – 6221.
11. Vakhytova L. N. et al. (2006). *Mytselliarnie effekti v okyslenyy metylfenylsulyfida peroksydom vodoroda y peroksohydrokarbonat-anyonon* [Micellar effects in the oxidation of methylphenyl sulfide with hydrogen peroxide and peroxohydrocarbonate anion]. *Teoret. y eksperym. khymiya – Theoretical and experimental chemistry*, 42(5), 281 – 287 [in Russian].
12. Bessarabov, V., Vakhitova, L., Kuzmina, G., Zagoriy, G., Baula, O. (2017). Development of micellar system for the decontamination of organophosphorus compounds to clean technological equipment. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1(6 (85), 42 – 49.
13. Vakhitova L. M., Bessarabov V. I. Patent UA116710U. *Dekontaminatsiina kompozytsiia dlia utylizatsii fosfor- ta sirkoorhanichnykh toksychnykh rehovyn* [Decontamination composition for utilization of phosphorus and sulfur-organic toxic substances]. Applicant and patent holder L. M. Litvinenko Institute of Physical-Organic Chemistry and Coal Chemistry National Academy of Sciences of Ukraine. Declared August 31, 2006, Pubwished Apr 25, 2018, Byul. No. 8 [in Ukraine].

**BESSARABOV VOLODYMYR**

bessarabov.vi@knutd.com.ua

ResearcherID: D-3425-2017

ORCID: orcid.org/0000-0003-0637-1729

Kyiv National University of Technology and Design

**VASYLENKO VOLODYMYR**

<https://orcid.org/0000-0001-5927-5912>

Kyiv National University of Technology and Design

VAKHITOVA LIUBOV  
[L.M.Vakhitova@nas.gov.ua](mailto:L.M.Vakhitova@nas.gov.ua)

J-9402-2016

<http://orcid.org/0000-0003-1923-7895>

L. M. Litvinenko Institute of Physical-Organic and Coal  
Chemistry of the National Academy of Sciences of Ukraine\*\*

KUZMINA GALINA

[galina\\_kuzmina@ukr.net](mailto:galina_kuzmina@ukr.net)

ResearcherID: 57193353594

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0691-8563>

Kyiv National University of Technology and Design

## ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДА ОЧИСТКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ФАРМАЦЕВТИЧЕСКИХ И ХИМИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МИЦЕЛЛЯРНОЙ СИСТЕМЫ ДЕЗАКТИВАЦИИ

БЕССАРАБОВ В. И.<sup>\*</sup>, ВАХИТОВА Л. Н.<sup>\*\*</sup>, КУЗЬМИНА Г. И.<sup>\*</sup>,  
ВАСИЛЕНКО В. Ю.<sup>\*</sup>

Киевский национальный университет технологий и дизайна\*

Институт физико-органической химии и углехимии им. Л. М. Литвиненко НАН Украины\*\*

**Цель.** Разработка метода очистки технологического оборудования фармацевтических и химических производств с использованием новой мицеллярной системы дезактивации на основе твердого источника пероксида водорода.

**Методика.** Модельным веществом характерной химической структуры избран диметоат. В качестве модельной системы для определения эффективности системы деконтаминации использовали процесс очистки технологического оборудования при производстве гербицида на основе диметоата. Для определения концентрации диметоата в растворах использовали валидированную HPLC методику.

**Результаты.** Установлено, что новая мицеллярная деконтаминационная система на основе твердого источника пероксида водорода приемлема для очистки технологического оборудования в модельном процессе производства с использованием активного ингредиента диметоата. Показано, что время дезактивации заражённого раствора с содержанием диметоата 3000 ppm до уровня ниже предела количественного определения составляет 120 минут.

**Научная новизна.** Впервые исследована эффективность новой мицеллярной системы дезактивации на основе твердого источника пероксида водорода для очистки технологического оборудования в модельном процессе производства пестицидов на основе диметоата.

**Практическая значимость.** На основании оценки эффективности новой мицеллярной системы дезактивации на основе твердого источника пероксида водорода в процессе обеззараживания промывных вод, содержащих диметоат, могут быть разработаны технологические схемы очистки технологического оборудования в химической и фармацевтической отраслях промышленности.

**Ключевые слова:** деконтаминация, фосфорорганические соединения, эффективность, метод очистки оборудования, твердый источник пероксида водорода, токсичные вещества

**STUDY OF THE METHOD OF CLEANING OF TECHNOLOGICAL EQUIPMENT OF PHARMACEUTICAL AND CHEMICAL MANUFACTURES USING A MICELLAR DEZAKTIVATION SYSTEM**

**BESSARABOV V. I.\* , VAKHITOVA L. M.\*\* , KUZMINA G. I.\* , VASYLENKO V. Y.\***

*Kyiv National University of Technologies and Design\**

*L. M. Litvinenko Institute of Physical-Organic and Coal Chemistry of the National Academy of Sciences of Ukraine\*\**

**Purpose.** *Research of the method of purification of technological equipment of pharmaceutical and chemical industries using a new micellar system of decontamination based on a solid hydrogen peroxide source.*

**Methodology.** *Dimethoate is chosen as the model substance of a characteristic chemical structure. As a model system for determining the efficiency of the decontamination system, the process of cleaning technological equipment for the production of herbicide on the basis of dimethoate was used. To determine the concentration of dimethoate in solutions, a validated HPLC technique was used.*

**Findings.** *It has been established that a new micellar decontamination system based on a solid hydrogen peroxide source is suitable for purification of process equipment in the model production process using the active ingredient of dimethoate. It has been shown that the decontamination time of an contaminated solution with a content of dimethoate of 3000 ppm to a level below the quantitative limit is 120 minutes.*

**Originality.** *For the first time, the effectiveness of a new micellar system of decontamination on the basis of a solid hydrogen peroxide source for the purification of process equipment in the modeling process for the production of pesticides based on dimethoate has been investigated.*

**Practical value.** *Based on the evaluation of the efficiency of a new micellar system of decontamination on the basis of a solid hydrogen peroxide source in the process of decontaminating washable waters containing dimethoate, technological schemes for the purification of process equipment in the chemical and pharmaceutical industries can be developed.*

**Key words:** *decontamination, organophosphorus compounds, efficiency, method of purification of equipment, hard source of hydrogen peroxide, toxic substances*