ФІЗИКА І ХІМІЯ ТВЕРДОГО ТІЛА
Т. 11, № 1 (2010) С. 255-259

PHYSICS AND CHEMISTRY OF SOLID STATE
V. 11, № 1 (2010) P. 255-259

УДК 623.45.002.8

ISSN 1729-4428

Н.М. Дербасова[1], І.В. Мазепа[2]

Дослідження ефективності знешкодження тринітротолуолвмісних вибухових речовин мікробіологічною деструкцією

[1]Севастопольський національний університет ядерної енергії та промисловості, вул. Курчатова, 7, Севастополь, 99015,Україна
[2]Прикарпатський національний університет ім. В. Стефаника, вул. Шевченка, 57, Івано-Франківськ, 76000, Україна

Проаналізовано результати ефективності знешкодження тринітротолуолвмісних вибухових речовин мікробним біоценозом.

Встановлено, що мікробна асоціація здатна очищувати живильні суміші від тринітротолуолу в мезофільному режимі у присутності легкозасвоюваних речовин, зумовлюючи зниження концентрації забруднюючих речовин з ефективністю знешкодження тринітротолуолу в середньому до 90%.

Ключові слова: тринітротолуол, вибухова речовина, біологічна деструкція.

Стаття поступила до редакції 21.07.2009 ; прийнята до друку 15.12.2009 .

Вступ

Необхідність зниження небезпечного техногенного впливу на навколишнє середовище і пошук шляхів економії енергетичних і сировинних ресурсів, які стають все більш дорогими і дефіцитними, вимагає створення нових маловідходних технологій і розробки високоефективних екологічно безпечних способів переробки відходів.

Успіхи біотехнології спонукали до різнобічних досліджень з утилізації та знешкодження антропогенних хімічних речовин, зокрема, вибухових речовин (ВР) шляхом біотрансформації.

Біотехнологічні методи знешкодження ВР засновані на природній здатності бактерій окиснювати та розкладати орґанічні і неорґанічні речовини [1]. Особлива цінність цих методів полягає у тому, що вони характеризуються низькими енергетичними витратами внаслідок того, що мікроорганізми використовують для своєї життєдіяльності хімічні елементи і енергію спонтанного розкладу орґанічних сполук. Рентабельність біотехнологічних методів може перевищувати рентабельність традиційних методів у 2 – 10 разів.

Основним джерелом забруднення навколишнього середовища токсичними речовинами, що містять тринітротолуол (ТНТ) є державне підприємство науково-виробниче об'єднання «Павлоградский хімічний завод» (ДП НВО «ПХЗ»).

На підставі договорів між Севастопольським національним університетом ядерної енергетики і промисловості та підприємств з виробництва і утилізація вибухових речовин була проведена перевірка методу біологічної деструкції ТНТ в промислових стоках підприємства.

Метою даної роботи була перевірка ефективності біологічної деструкції небезпечних речовин, що містять тротил у промислових стоках ДП НВО «ПХЗ».

Для досягнення поставленої мети необхідно було вирішити такі завдання для тринітротолуолвмісних вибухових речовин:

1) розробити лабораторну установку;

2) розробити технологічний реґламент біологічної деструкції;

3) провести статистичну обробку і аналіз отриманих результатів NF, оцінити ефективність запропонованого методу.

I. Експериментальна частина

Об'єкт дослідження. Тринітротолуол (тротил, тол, TNT) - одна з найбільш розповсюджених бризантних вибухових речовин, уявляє собою жовтувату кристалічну речовину з температурою

топлення 353,5 К. Застосовується у військовій справі та промисловості як самостійно у гранульованому (гранулотол), спресованому або литому вигляді в складі багатьох вибухових речовин алюмотол, амонал, амоніт тощо. Систематична назва – 2,4,6-тринітрометилбензол, хімічна формула - $C_6H_2(CH_3)(NO_2)_3$, молярна маса – 0,2271 кг/моль. Фізичний стан тротилу (н.ф.у.) – тверде тіло. Тротил значно стабільніший ніж динаміт, має невисоку чутливість до удару, тертя та нагрівання, загоряється за температури 563,15 К. Литий чи пресований тротил можна підпалювати. Тротил горить без вибуху жовтуватим полум'ям. Для вибуху потрібний детонатор. Енергія вибухового перетворення – 4229 кДж/кг. Швидкість розповсюдження хвилі детонації 6700-7000 м/с, густина 1600 кг/м^3. Тепло вибуху 4228 кДж/кг. Бризантність за Гессом 16 мм, бризантність за Кастом 3,9 мм.

Експериментальна установка. Лабораторні дослідження по вивченню біодеструкції тринітротолуолу проводилися на експериментальній установці, принципова схема якої подана на рис.1.

Методика проведення експерименту. Наважку ВР в гранулах чи в пластівцях масою 2,0 – 5,0 г (при дотриманні умов техніки безпеки проведення експерименту), змішували в склянці місткістю 1,0 дм^3 з рослинними наповнювачами, використовуючи для гомогенізації компонентів суміші шпатель неіскротворний (матеріал скло або дерево) [2, 3]. Гомогенізовану суміш переносили в біореактор (рис.1). Суміш в реакторі зрошували водним розчином активної культури мікроорганізмів . Утворений фільтрат відводили в приймальний резервуар, після чого за допомогою помпи зрошування знову переміщали в біореактор. У міру випаровування фільтрату додавали дистильовану воду в кількості, необхідній для підтримки робочої вологості суміші на рівні 70-80 %.

Для проведення аналізу вмісту забруднюючих речовин суміш з реактора висипали в пластмасовий лоток, гомогенізували, перемішуючи шпателем і відбирали пробу масою до 2,0 г. Після відбору проби суміш переносили повторно в реактор.

Аналізуючи дані про життєдіяльність консорціуму мікроорганізмів (бактерії родів Pseudomonas, Escherichia coli, Bacillus, Archangium, мікроскопічних грибів родів Coriolus, Aspergillus), було виявлено, що оптимальні умови існування бактерій і мікроорганізмів складали: температура 288-297 К; pH = 6-8. Ці умови впродовж експерименту підтримувалися на сталому рівні.

Контроль отриманих результатів на вміст тринітротолуолу проводився у вигляді відбору проб в циркуляційній воді або безпосередньо в живильній (робочій) суміші (за затвердженими методиками) в перерахунку кг/м^3.

Дослідження проводилися на 6 лабораторних установках, які відрізнялися вмістом тринітротолуолу (%) в суміші. Змінним параметром у роботі установок була концентрація тринітротолуолу; постійними – температура, pH, вологість. Оцінка дії мікробної суміші на вміст тринітротолуолу проводилася в дослідних зразках через 0, 3, 5, 7, 9 і 13 діб [4,5].

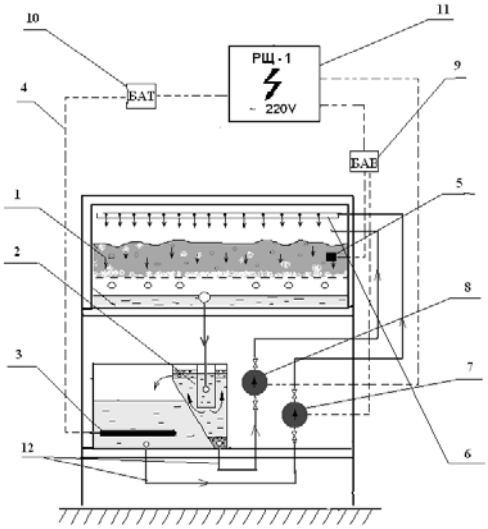

Рис. 1. Схема експериментальної установки: 1 – біореактор; 2 - прийомний резервуар біореактора для збору стічних вод, що проходять через біосубстрат; 3 - електронагрівач води; 4 - мережі електроживлення; 5 - датчик вологості субстрату; 6 - зрошувальний пристрій; 7 - помпа подачі осаду в біореактор; 8 - помпа зрошування біореактора; 9 - блок автоматики вологості біореактору; 10 - блок автоматичної регуляції температури води в приймальному резервуарі; 11 - розподільний електрощит РЩ-1 електроживлення установки; 12 - циркуляційний трубопровід біологічного реактора.

II. Результати та обговорення

Середні показники роботи мікробіоценозу з тринітротолуолом (етап 1 – мікробіологічний) за 13 діб безперервної роботи приведені в табл.

На рис.2 приведені результати досліджень установок 1 – 6 при різних концентраціях тринітротолуолу. Результати апроксимували до функції вигляду $y=b_0+b_1x+b_{11}x^2$, де b_0, b_1, b_{11} – коефіцієнти полінома; R^2 – коефіцієнт апроксимації.

Рівняння моделі:

установка №1

$y = 144{,}5 - 17{,}308x + 0{,}661x^2$; $R^2 = 0{,}9868$; (1)

установка №2

$y = 201{,}88 - 4{,}4547x - 0{,}0809x^2$; $R^2 = 0{,}9851$; (2)

установка №3

$y = 253{,}71 - 2{,}793x - 0{,}1493x^2$; $R^2 = 0{,}9242$; (3)

установка №4

$y = 312{,}55 - 31{,}147x + 0{,}7389x^2$; $R^2 = 0{,}9785$; (4)

установка №5

$y = 419{,}68 - 69{,}349x + 2{,}8713x^2$; $R^2 = 0{,}9473$; (5)

установка №6

$y = 605{,}53 - 86{,}093x + 3{,}8996x^2$; $R^2 = 0{,}9906$. (6)

Результати досліджень статистично обчислені за допомогою програми MathCAD Maple.

Аналіза результатів дала підстави стверджувати, що у всіх випадках характерне зниження концентрації тринітротолуолу.

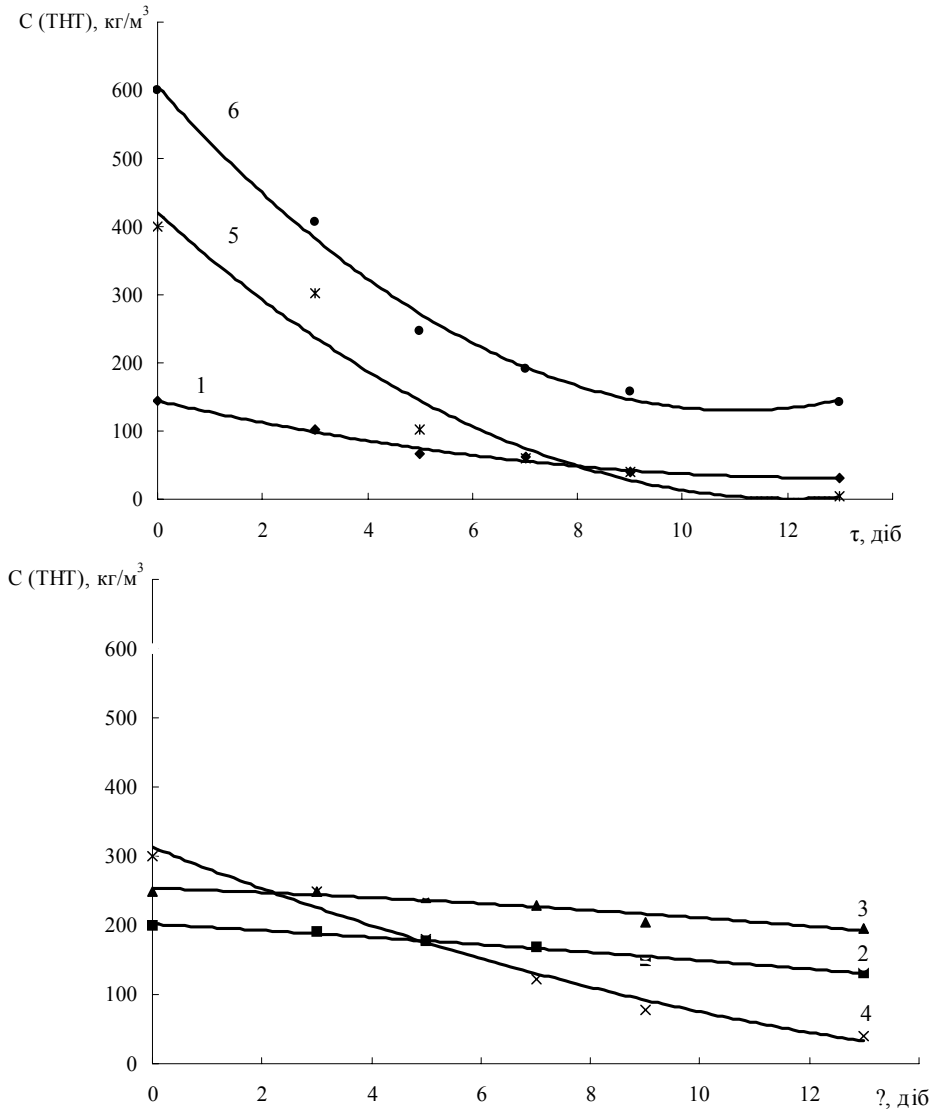

Рис. 2. Залежність концентрації тринітротолуолу [C(ТНТ)] (y) від часу [τ] (x) роботи установки (номери кривих відповідають номерам установки).

Таблиця

Оцінка результатів ефективності біодеструкції тринітротолуолу

Вміст ТНТ у вихідній суміші, %	Вихідна концентрація ТНТ, кг/м^3	Проміжні концентрації, кг/м^3					Ефективність біодеструкції, %
		3 доби	5 діб	7 діб	9 діб	13 діб	
14,0	143,3	120,7	66,38	62,0	41,4	31,05	78,0
20,0	200,0	190,6	178,3	168,4	150,16	132,07	34,0
25,0	250,0	249,2	238,7	230,12	205,4	196,07	22,0
30,0	300,0	250,4	178,5	121,5	78,4	51,8	83,0
40,0	400,0	302,6	102,5	60,7	38,7	24,7	94,0
60,0	600,0	407,2	245,3	189,5	159,5	144,0	76,0

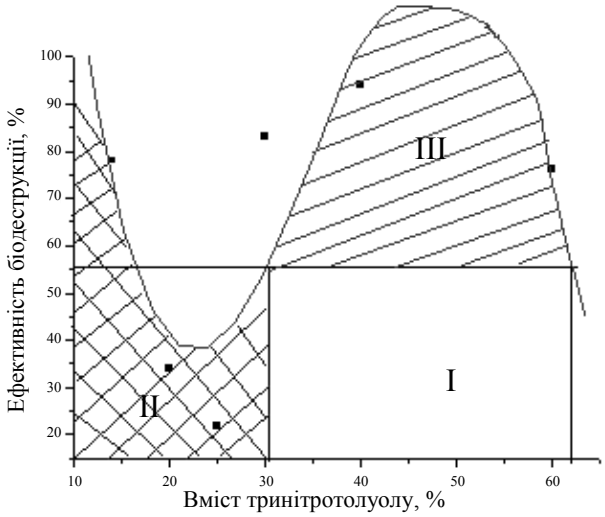

Рис. 3. Апроксимована залежність ефективності біодеструкції від відсоткового вмісту тринітротолуолу: II - зона явища діавксії; III - зона найбільшої ефективності біодеструкції.

На рис. 3 наведені апроксимовані результати досліджень установок 1 – 6 роботи з тринітротолуолом, що відображають залежність ефективності біодеструкції від концентрації тринітротолуолу.

Найбільша ефективність біодеструкції досягається, якщо вміст ТНТ в вихідній суміші коливається в межах від 30 до 60 %. Як видно з рис. 3, ефективність біодеструкції тринітротолуолу спадає із збільшенням його вмісту до 22%, а потім спостерігається різке її зростання з максимумом при вмісті ТНТ 50%.

Цей факт пояснюється тим, що в дослідних установках була закладена мала кількість ТНТ в порівнянні з кількістю рослинних залишків, які є доступнішими для біодеструкцій.

Доступніші для мікробної асоціації органічні сполуки можуть гальмувати утилізацію тринітротолуолу в результаті катаболітної репресії і катаболітного гальмування. Механізм цього явища полягає в тому, що джерела енергії, доступніші мікробам, здатні пригнічувати синтез ферментів інших шляхів катаболізму. Катаболітну репресію можна розглядати як пристосування мікробів до використання, в першу чергу, найбільш доступних джерел енергії. У присутності такого джерела енергії споживання інших субстратів, менш «зручних» для живих клітин, тимчасово припиняється, а шляхи розпаду цих субстратів тимчасово гальмуються.

За цих умов тринітротолуол почне споживатися тільки після вичерпання доступнішої сполуки (явище діауксії – зростання бактерій на суміші субстратів різної доступності). Подолати діауксію можна, одержавши мутанти, що втратили регуляторні механізми катаболітної репресії.

Висновки

Асоціація мікроорганізмів, що приведена в патенті України № 12733 від 15.02.06 р., здатна піддавати біологічній деструкції вибухові речовини – тринітротолуол. Найбільша ефективність біодеструкції досягається, якщо вміст тринітротолуолу у вихідній суміші коливатиметься в межах від 30 до 60 %.

Ефективне зменшення концентрацій забруднюючих речовин спостерігається протягом 5-

10 діб.

Дербасова Н.М. – аспірант Севастопольського національного університету ядерної енергії та промисловості;
Мазепа І.В. – професор, доктор медичних наук, професор кафедри біохімії.

[1] *Патент 12733 (Україна).*Універсальний спосіб утилізації звичайних боєприпасів, що містять тротил і/або гексоген./ А.Н. Баранов, М.В. Гавриш, Н.М. Дербасова, М.М. Кисельов, К.В. Ерьомін. – Надрук. в Бюл. 15.02.2006. - №2.
[2] Е.Ю. Орлова. *Химия и технология бризантных взрывчатых веществ*. Химия, Л. сс.227-244 (1981).
[3] Л.Н.Баратов. *Пожаровзрывобезопасность веществ и материалов и средства их пожаротушения*. Химия, М. 384с.(1990).
[4] Ю.Ю.Новиков. *Методы исследования качества воды водоемов* / Ю.Ю. Новиков, К.С. Ласточкина, З.Н. Волдина. Медицина, М. 400с. (1990).
[5] Ю.Ю. Лурье. *Аналитическая химия промышленных сточных вод*. Химия, М. 448с. (1984).

N.M. Derbasova[1], I.V. Mazepa[2]

Research of Efficiency of Defuzing of Explosives with TNT by Microbiological Destruction

[1]Sevastopol national University of nuclear energy and industry, 7 Kurchatov Str., Sevastopol, 99015, Ukraine
[2]Vasyl Stefanyk' Precarpathian National University, 57, Shevchenko Str., Ivano-Frankivsk, 76000, Ukraine

Research job performances are analysed on verification of possibility of microbiological destruction of contaminents in industrial flows, containing trynytrotoluol, on the «Pavlogradskyy chemical factory» by byotsenozom, protected patent of Ukraine 12733 from 15.02.06.

It is rotined that microbal association is able to purge nourishing mixtures from trynytrotoluola in the mezofyl'nom mode in presence the legkousvoyaemykh matters and high decline of concentration of contaminents in analysable environments, on the average to 90%.