

Прохач Е.Ю., д-р техн. наук, директор, НДЦ "Моніторинг-43"

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ТА АНАЛІТИЧНА ОЦІНКА ЗАБРУДНЕННЯ ГРУНТУ В РАЙОНІ СХОВИЩ КОМПОНЕНТІВ РАКЕТНИХ ПАЛИВ

За даними екологічного обстеження території ділянки, де зберігався гептил, проведеного у 2001 і 2008 роках, одержані дані щодо зміни у часі стану та концентрації гептилу у ґрунті. Показана можливість прогнозування розповсюдження цієї токсичної речовини в навколишньому середовищі.

Ключові слова: екологічне обстеження, гептил, розповсюдження

Постановка проблеми. За часів Радянського Союзу на території України знаходилося вісім великих сховищ, що забезпечували постачання компонентів ракетного палива (КРП) з'єднанням ракетних військ стратегічного призначення. Досвід попередніх екологічних обстежень цих об'єктів, а також робіт з ліквідації сховищ в містечках Любашовці та Баловному, що супроводжувалися детальним екологічним моніторингом, показав, що ґрунт на території сховищ має наднормативні забруднення КРП. Причиною забруднення були виливи під час нештатних або аварійних ситуацій, недодержання технології зливу-наливу, а також порушення цілісності резервуарів через корозію.

Найбільш токсичним компонентом ракетного палива є несиметричний диметилгідразин (НДМГ) або гептил - речовина першого класу небезпеки, яка, потрапляючи до організму людини спричиняє дуже сильну резорбційну дію, вражає печінку, нирки, центральну нервову систему. Продуктом розкладу гептилу в навколишньому середовищі є нітрозодиметиламін - ще більш небезпечна канцерогенна речовина. Нітрозодиметиламін призводить до виникнення злоякісних пухлин печінки та нирок, має також тератогенну і ембріотоксичну дію, викликає дерматити і екземи.

Потрапляючи до ґрунту, гептил і нітрозодиметиламін разом з талими або дощовими водами опиняються у ґрунтових горизонтах і, зрештою, у підземних ґрунтових водах, що є джерелом водопостачання навколишніх населених пунктів.

Отже, ділянки зберігання гептилу є потенційним джерелом виникнення надзвичайних ситуацій і їх стан має бути предметом постійного моніторингу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Фізико-хімічні властивості і експлуатаційні характеристики компонентів ракетного палива наведені в [1, 2]. Небезпечні для людини і навколишнього середовища властивості гептилу детально розглянуті у монографії [3].

На необхідності і важливості екологічного моніторингу під час проведення робіт з ліквідації військових об'єктів, призначених для зберігання та використання компонентів ракетного палива, наголошувалось ще у 1994 році [4], коли почалося зняття ракет 43 ракетної армії з бойового чергування, злив і транспортування КРП.

Постановка завдання та його вирішення. Як зазначалося вище, надзвичайно важливими є розподіл концентрації гептилу в ґрунті, його трансформація і зміна концентрації з часом. Саме аналізу цих питань призначена дана стаття.

У 2001 році співробітниками Харківського наукового центру військової екології було проведено екологічне обстеження ділянки зберігання гептилу в одній з військових частин. Аналогічне обстеження цієї ж території проведено фахівцями "Екоцентру-43" через сім років.

Таблиця 1 – Розподіл масового вмісту гептилу за глибиною ґрунтових горизонтів (2008 р.)

Глибина ґрунтового горизонту, м	Концентрація НДМГ, мг/кг	
	Свердловина №1	Свердловина №6
1,0	0,0269	0,0289
2,0	0,0248	0,0041
3,0	0,0069	0,0036
4,0	0,0023	0,0051
5,0	н/в	0,0089
6,0	н/в	0,0084
7,0	н/в	0,0072
8,0	н/в	н/в

Уявлення щодо розподілу вмісту гептилу за глибиною ґрунтових горизонтів дають результати аналізів проб, відібраних із свердловин, закладених на території ділянки, де зберігався гептил (таблиця 1). Свердловина №1 розташована у північно-східній частині ділянки, свердловина №6 - у південно-східній частині. Обидві свердловини закладені в місцях пониження рельєфу.

Графічна інтерпретація даних, наведених в таблиці 1, наведена на рис.

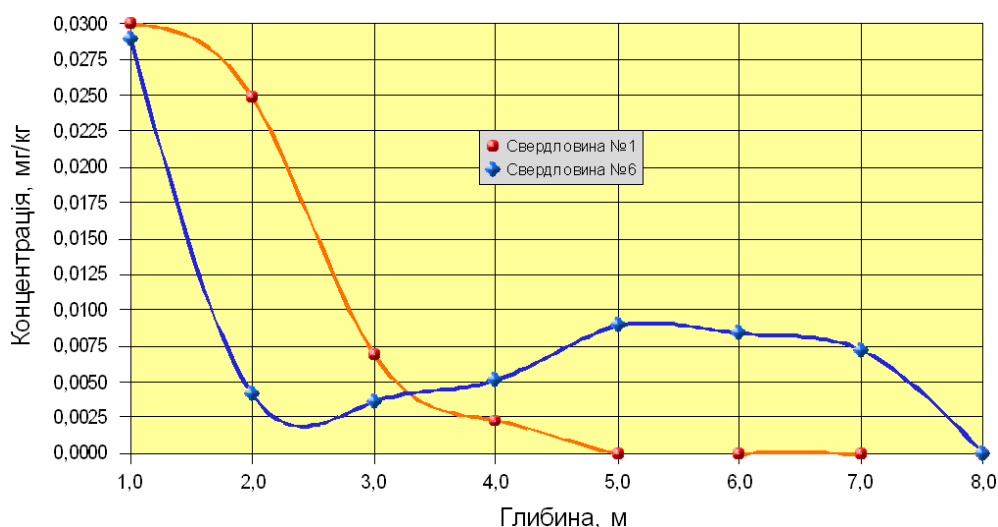


Рис. – Розподіл концентрації гептилу за глибиною ґрунтових горизонтів

Наведені дані свідчать про перевищення гранично допустимого рівню (ГДР) вмісту гептилу в ґрунті до глибини 1-2 м в деяких зонах ділянки зберігання ракетного пального (ГДР=0,02 мг/кг), а також про забруднення ґрунту гептилом до глибини 5-7 м.

Масовий вміст гептилу в ґрунтових горизонтах залежить від цілої низки чинників: потужності і часу виливів, фізичних характеристик ґрунту, його вологості, наявності водотривів і т. і. Крім того розподіл концентрації гептилу за глибиною ґрунтових горизонтів залежить від кількості виливів. Так, графік на рис. є ілюстрацією того, що в районі свердловини №1 був один вилив, в районі свердловини №6 - два виливи.

Порівняльні дані щодо концентрації гептилу і продукту його розкладу - нітрозодиметиламіну в ґрунтових горизонтах в районі зливу-наливного фронту наведені в таблиці 2.

Таблиця 2 – Порівняльні дані масового вмісту гептилу і нітрозодиметиламіну в ґрунті в районі зливно-наливного фронту

Місце відбору проб	Глибина, м	Вміст гептилу				Вміст нітрозодиметиламіну			
		2001		2008		2001		2008	
		мг/кг	I _п	мг/кг	I _п	мг/кг	I _п	мг/кг	I _п
Шурф 1	0-0,5	0,260	13,0	0,332	16,6	н/в	-	0,00017	0,017
	0,5-1,0	0,204	10,2	0,193	9,65	н/в	-	0,00010	0,010
	1,0-1,5	0,114	5,7	0,056	2,8	н/в	-	н/в	-
Шурф 2	0-0,5	0,023	1,15	н/в	-	н/в	-	0,0019	0,190
	0,5-1,0	0,660	33,0	0,002	0,1	н/в	-	0,0002	0,020
	1,0-1,5	0,424	21,2	0,030	1,5	н/в	-	н/в	-
Шурф 3	0-0,5	н/в	-	н/в	-	н/в	-	0,0009	0,090
	0,5-1,0	0,021	1,05	н/в	-	н/в	-	0,0003	0,03
	1,0-1,5	н/в	-	н/в	-	н/в	-	н/в	-
Шурф 4	0-0,5	0,005	0,25	н/в	-	н/в	-	0,0013	0,130
	0,5-1,0	0,002	0,10	н/в	-	н/в	-	0,0002	0,020
	1,0-1,5	0,003	0,15	0,014	0,7	н/в	-	н/в	-

н/в - речовина в пробі не виявлена

I_п - кратність перевищення гранично-допустимого рівню

Дані щодо масового вмісту гептилу і нітрозодиметиламіну в пробах, відібраних на південно-східній межі ділянки зберігання гептилу, надані у таблиці 3.

Аналіз даних, наведених в таблицях 2, 3, а також експериментальних даних для інших частин ділянки, що є аналогічними, дозволяє зробити наступні висновки:

1. В деяких місцях ділянки зберігання ракетного пального вміст гептилу в ґрунті як у 2001, так і у 2008 році значно перевищував гранично допустимий рівень.

2. У верхніх шарах ґрунту, де гептил має контакт з киснем повітря, відбувається розклад гептилу з утворенням нітрозодиметиламіну. Нітрозодиметиламін визначається навіть там, де під час попередніх обстежень він був відсутнім, а там, де він був присутнім, його концентрація збільшується.

3. Частковий розклад гептилу з утворенням нітрозодиметиламіну є однією з причин того, що концентрація гептилу у верхніх шарах ґрунту з часом зменшується. Іншими причинами є випаровування гептилу і його вимивання дощовими та талими водами.

Збільшення вмісту гептилу в верхньому шарі ґрунту у шурфі 1 та свердловині 2 свідчить про проведення робіт з резервуарами гептилу в 2001-2008 роках (видалення залишків пального, що не зливаються; попередня нейтралізація резервуарів, тощо) з порушенням технології.

4. В ґрунтових горизонтах, де відсутній контакт з киснем повітря гептил зберігається досить стабільно.

Таблиця 3 – Масовий вміст гептилу і нітрозодиметиламіну на південно-східній межі ділянки

Місце відбору проб	Глибина, м	Вміст гептилу				Вміст нітрозодимети-			
		2001		2008		2001		2008	
		мг/кг	I _п	мг/кг	I _п	мг/кг	I _п	мг/кг	I _п
Свердловина 2	0 -1,0	0,0004	0,02	0,585	29,25	н/в	-	1,904	190,4
	1,0-2,0	0,010	0,50	0,054	2,7	н/в	-	н/в	-
	2.0-3,0	0,150	7.50	0,039	1.95	н/в	-	0,532	53,2
Свердловина 3	0 -1,0	0,004	0,20	н/в	-	н/в	-	н/в	-
	1,0-2,0	0,010	0,5	н/в	-	н/в	-	н/в	-
	2.0-3,0	0,015	0,75	н/в	-	н/в	-	н/в	-

Отже в поверхневих шарах ґрунту вміст гептилу за умови відсутності техногенних впливів з часом зменшується. Разом з тим утворюється не менш небезпечний продукт розкладу гептилу - нітрозодиметиламін. В ґрунтових горизонтах вміст гептилу змінюється за рахунок його вимивання дощовими та талими водами. Зрештою гептил і нітрозодиметиламін опиняються у підземних ґрунтових водах, що є джерелом водопостачання навколишніх населених пунктів. Під час обстеження нітрозодиметиламін у слідових кількостях виявлено у воді з артезіанської свердловини на території військової частини, а також у воді з колодязя на адміністративній території лісового господарства, що знаходиться на відстані ~ 1,5 км на північ від об'єкту.

Проведене дослідження свідчить про необхідність не тільки реєстрації екологічного стану об'єкта, але й прогнозування розповсюдження забруднень вглиб підземних горизонтів.

Під час виливу токсичної речовини відбувається її убирання поверхневим шаром ґрунту та випаровування рідини з поверхні ґрунту. Вміст вологи за глибиною ґрунту змінюється у часі. За деякий період у шарі ґрунту може встановлюватись розподіл вологи, для якого характерна рівновага сил поверхневого натягу, спрямованих угору в зону пониженого (за рахунок випаровування з поверхні) вологовмісту, і сил тяжіння, направлених униз.

Для теоретичного опису процесів масообміну, що розглядаються, в [5] рекомендовано використати рівняння дифузії в ґрунті та на його поверхні.

Диференціальне рівняння дифузії рідини в ґрунті має вигляд [6]

$$\frac{du}{d\tau} = \frac{d}{dz} \left[D(u, T) \frac{du}{dz} \right], \quad (1)$$

де u - вологовміст ґрунту, τ - час, T - температура, $D(u, T)$ - коефіцієнт дифузії, що залежить від вологовмісту і температури ґрунту.

Для розрахунку щільності потоку пари від поверхні ґрунту в атмосферу може бути використана залежність [7]

$$j_{\text{вип}} = \rho_a D_n (d_0 - d_z), \quad (2)$$

де $j_{\text{вип}}$ - щільність потоку пари рідини, що випаровується; ρ_a - щільність атмосферного повітря; d_0 та d_z - питомий вміст пари у повітрі відповідно у поверхні землі та на відстані 2 м від поверхні; D_n - коефіцієнт швидкості обміну, що дорівнює

$$D_n = 0,27 u_1 (1 + 0,13 \Delta T / u_1^2). \quad (3)$$

Тут u_1 - швидкість вітру на висоті 1 м, м/с; ΔT - різниця температур ґрунту і повітря на висоті 2 м.

Рівняння (3) одержано стосовно дифузії води. Враховуючи на те, що гептил розчиняється у воді без обмежень, рівняння (3) може бути використано як перше наближення.

Висновки. Гептил, що попадає в ґрунт, розповсюджується по глибині ґрунтових горизонтів. У верхніх шарах ґрунту за умови контакту з киснем атмосферного повітря гептил розкладається з утворенням нітрозодиметилгідразину - токсичної речовини першого класу небезпеки. У більш глибоких шарах ґрунту гептил збе-

рігається досить стабільно. З талими або дощовими водами ці отруйні речовини досягають підземних ґрунтових вод, що є джерелом водопостачання навколишніх населених пунктів. Таким чином виникає реальна небезпека для населення районів, прилеглих до складів компонентів ракетних палив. Для цих районів є необхідним моніторинг джерел водопостачання.

Радикальним засобом ліквідації постійної загрози отруєння населення і особового складу військових об'єктів є нейтралізація забрудненого ґрунту. Застосуванню нейтралізації ґрунту повинні передувати експериментальні та аналітичні роботи з визначення масштабів забруднення.

ЛІТЕРАТУРА

1. Зрелов, В. Н. Жидкие ракетные топлива [Текст] / В. Н. Зрелов, Г. П. Серегин. – М. : Химия, 1975. – 320 с.
2. Шехтер, М. С. Топлива и рабочие тела ракетных двигателей [Текст] / М. С. Шехтер. – М. : Машиностроение, 1976. – 304 с.
3. Prokhach, E. The Ecology of Nuclear Disarmament [Text] / E. Prokhach, N. Popov, A. Khrupenko, L. Mikhalskaya. – К. : International Institute on Global and Regional Security, 1995. – 47 р.
4. Прохач, Э. Е. Экологическое сопровождение ракетно-ядерного разоружения (необходимость, содержание, исполнители) [Текст] / Э. Е. Прохач // Шлях до без'ядерного майбутнього: Екологічні проблеми ядерного роззброєння та психосфера людини: Матеріали міжнародної конференції. – К. : МІГРБ, 1994. – С. 11–13.
5. Попов, Н. П. Метод расчета скорости испарения жидкости, пролитой на грунт [Текст] / Н. П. Попов, Ю. Н. Попов // Моделирование та інформаційні технології: зб. наук. праць. – К. : ХУПС, 2005. – Вып. 3.
6. Лыков, А. В. Тепломассообмен [Текст] : справочник / А. В. Лыков. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Энергия, 1978. – 480 с.
7. Булаговский, А. И. Испарение почвенной влаги [Текст] / А. И. Булаговский. – М. : Наука, 1964. – 230 с.

Прохач Э.Е.

Экспериментальная и аналитическая оценка загрязнения почвы в районе хранилищ компонентов ракетных топлив

В результате экологического обследования участка, где хранился гептил, проведенного в 2001 и 2008 годах, получены данные об изменении во времени состояния и концентрации гептила в грунте. Показана возможность прогнозирования распространения этого токсичного вещества в окружающей среде.

Ключевые слова: экологическое обследование, гептил, распространение

Prokhach E.Yu.

Experimental and analytic estimation of soil pollution around the rocket fuel components storages

According to the environmental test site territory, which preserved heptyl, conducted in 2001 and 2008, findings regarding changes in time and concentration of heptyl in the soil. The possibility of forecasting the spread of this toxic substance in the environment.

Key words: environmental test, heptyl, spread

УДК 303.09

Рогозін А.С., канд. техн. наук, доц., НУЦЗУ

МОДЕЛЬ ПРОЦЕСУ ІНФОРМУВАННЯ НАСЕЛЕННЯ

(представлено д-ром техн. наук Яковлевою Р.А.)

Побудована модель процесу інформування населення, виходячи з уявлень про засвоєння інформації, як процесу, що має випадковий характер. Знайдено залежність зміни у часі рівня інформованості населення з врахуванням інтенсивності інформування.

Ключові слова: інформування, процес, математична модель, аналіз.

Постановка проблеми. Статистичні дані розподілу надзвичайних ситуацій за місцем виникнення свідчать, що велика частина пожеж виникає в житловому секторі [1]. Головні причини цього: низький рівень знань правил пожежної безпеки та не дотримання їх населенням. Вплив на рівень знань населення здійснюється широким спектром інформаційної діяльності органів МНС. На органи державного пожежного нагляду, в рамках основ-