

## МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ ХРАНЕНИЯ РАКЕТНОГО ТОПЛИВА

к.т.н. С.Т. Черепков, Ю.Н. Попов  
(представил д.т.н., проф. Э.Е.Прохач)

Предложен порядок экологического обследования типового объекта хранения ракетного топлива, приведены результаты экологического обследования одного из объектов, сформулирован подход, позволяющий оценивать распространение в грунте токсичных веществ при их проливах.

К моменту распада СССР в Украине находилось 176 ракет стратегического назначения, из них 130 – на жидком топливе. Компонентами ракетного топлива (КРТ) являлись высокотоксичные вещества – гептил и амил. Для обслуживания ракет была создана соответствующая инфраструктура – склады ракетного топлива, технические ракетные базы и т.п., где осуществлялись слив-заправка КРТ. Как показали обследования объектов ракетных войск, наиболее загрязненными являются территории складов ракетного топлива. Сложившаяся ситуация объясняется изношенностью оборудования в процессе длительной эксплуатации, а также используемыми на складах устаревшими и недостаточно эффективными с экологической точки зрения технологиями слива-заправки КРТ и нейтрализации проливов.

Приведенные обстоятельства требуют особого внимания к экологическому обследованию территорий объектов хранения ракетного топлива (ОХРТ).

Экологическое обследование ОХРТ должно включать четыре этапа:

- подготовительные работы;
- полевые работы;
- анализ отобранных проб в стационарных лабораториях;
- оформление результатов обследования.

При проведении подготовительных работ должны быть собраны и тщательно проанализированы исходные данные об объекте:

- устройство и техническое состояние объекта;
- применяемые технологии работ;
- данные об имевших место аварийных ситуациях;
- физико-географические и климатические характеристики района расположения объекта.

Особое значение имеют геолого-гидрологические материалы, характеризующие основные водоносные горизонты (мощность и глубину залегания,

водоупоры, характер гидравлической связи между выше- и нижележащими горизонтами).

При полевых работах непосредственно на площадке осуществляется контроль состояния воздушной среды, отбираются поверхностные пробы почвы, послонные пробы грунта из шурфов и скважин для оценки вертикальной миграции загрязняющих веществ, пробы растительности; из скважин и поверхностных водных источников в двухкилометровой зоне отбираются пробы воды. Отобранные пробы маркируются, консервируются (при необходимости) и отправляются в стационарные лаборатории для проведения анализов.

Результаты оценки экологического состояния ОХРТ в одной из войсковых частей [1], выполненные по указанной схеме, показали, что территория объекта, на котором хранились гептил, самин, децилин и ракетное топливо ТМ-185, сильно загрязнена токсичными веществами, причем загрязнены не только поверхностные, но и глубинные слои грунта.

Результаты некоторых анализов проб почвы, отобранных из шурфов на содержание гептила и продуктов его разложения, представлены в табл.1 и на рис.1.

Таблица 1

Результаты анализа послонных проб грунта

Номер шурфа	Глубина почвенного горизонта, м	Концентрация загрязняющих веществ, мг/кг				
		НДМГ	Доли ПДУ	НДМА	Доли ПДУ	ДМА
Шурф № 6	0,0 - 0,5	0,035	1,75	0,027	2,70	0,010
"-"	0,5 - 1,0	0,210	10,5			
"-"	1,5 - 2,0			0,014	1,40	0,006
"-"	2,0 - 2,5			0,018	1,80	0,004
"-"	2,5 - 3,0			0,020	2,00	0,004
Шурф № 9	0,0 - 0,5	0,260	13,00			
"-"	0,5 - 1,0	0,204	10,20			0,290
"-"	1,0 - 1,5	0,114	5,70			0,201
"-"	1,5 - 2,0					0,198
"-"	2,0 - 2,5					0,042
"-"	2,5 - 3,0					0,012
Шурф №10	0,0 - 0,5	0,023	1,15			
"-"	0,5 - 1,0	0,660	33,00			0,310
"-"	1,0 - 1,5	0,424	21,20			0,204
"-"	1,5 - 2,0	0,383	19,15			0,102
"-"	2,0 - 2,5					0,004

На рис.1 и в табл.1 приняты следующие сокращения:

- НДМГ – несимметричный диметилгидразин (гептил);
- НДМА – нитрозодиметиламин; ДМА – диметиламин;
- ПДУ – предельно допустимый уровень концентрации токсичного вещества в грунте.

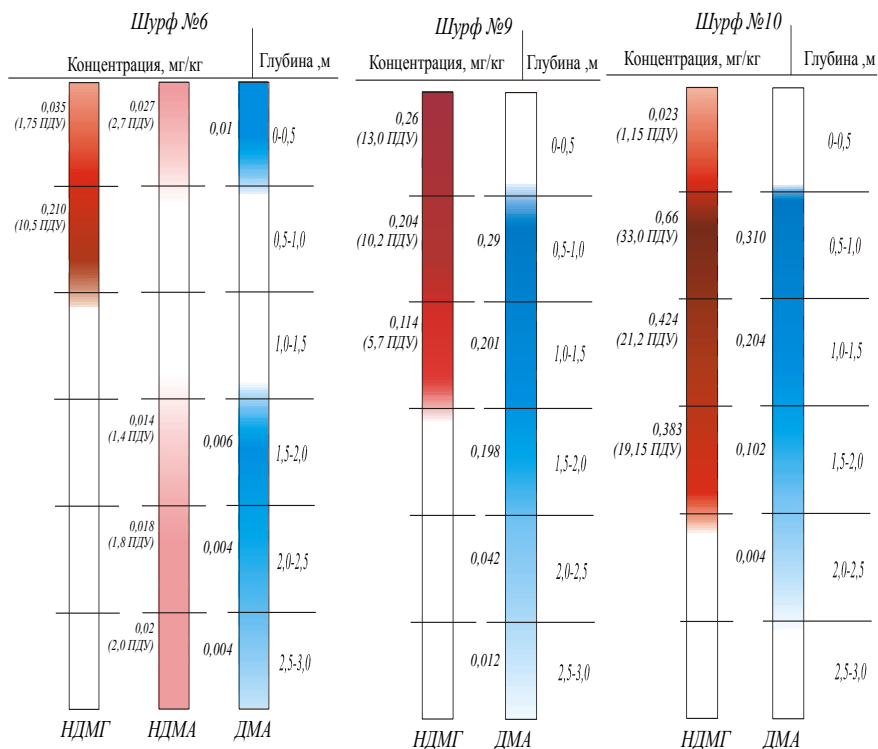


Рис. 1. Распределение концентраций токсичных веществ по глубине грунтового массива

Проведенное обследование экологического состояния ОХРТ свидетельствует о необходимости не только регистрации фактического состояния объекта, но и возможности прогнозирования распространения загрязнений вглубь подземных горизонтов. Для этого предлагается подход, изложенный ниже.

При проливе токсичного вещества происходит его впитывание поверхностным слоем грунта, а затем распространение жидкости по почвенному профилю. Одновременно происходит испарение жидкости с поверхности грунта. Влажосодержание по глубине грунта переменное во времени. Через некоторый период в слое грунта может устанавливаться распределение влаги,

для которого характерно равновесие сил поверхностного натяжения, направленных вверх в область пониженного (за счет испарения с поверхности) влагосодержания, и сил тяжести, направленных вниз.

Для теоретического описания процессов массообмена могут быть использованы уравнения диффузии в грунте и на его поверхности.

Дифференциальное уравнение диффузии жидкости в грунте имеет вид [2]:

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

где  $u$  - влагосодержание грунта;  $\tau$  - время процесса;  $T$  - температура;  $D(u, T)$  - коэффициент диффузии, зависящий от влагосодержания и температуры грунта.

Для расчета плотности потока пара от поверхности грунта в атмосферу может быть использовано выражение [3]:

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

где  $j_{исп}$  - плотность потока пара испаряющейся жидкости;  $\rho_a$  - плотность атмосферного воздуха;  $d_0$  и  $d_z$  - удельное содержание пара соответственно у поверхности земли и в воздухе на расстоянии 2 м от поверхности;  $D_n$  - коэффициент скорости обмена, см/с, равный

$$D_n = 0,27u_1 \left( 1 + 0,13 \frac{\Delta T}{u_1^2} \right). \quad (3)$$

Здесь  $u_1$  - скорость ветра на высоте 1 м, м/с;  $\Delta T$  - разность температур почвы и воздуха на высоте 2 м.

Уравнение (3) получено применительно к диффузии воды. Учитывая, что гентил, спирты и некоторые другие вещества хорошо растворяются в воде, (3) может быть использовано в качестве первого приближения.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Результаты обследования исходного экологического состояния объекта хранения ракетных топлив (Белая Церковь) – Харьков: ХНЦ ВЭ, 2001. – 42 с.
2. Лыков А.В. Тепломассообмен: справочник. 2-е изд. – М.: Энергия, 1978. – 480 с.
3. Будаговский А.И. Испарение почвенной влаги – М.: Наука, 1964. – 230 с.

*Поступила в редколлегию 03.07.2001*