

М.В., Неронов А.А. // Проблеми надзвичайних ситуацій. – 2009. – Вип. 9. – С.66-72

Маляров М.В

Моделювання зображення морської поверхні з урахуванням її фрактальних властивостей при моніторингу надзвичайних ситуацій

Запропоновано доповнити фацетну модель оптичного сигналу, відбитого від морської поверхні, даними про фрактальну розмірність. Для цього профіль морської поверхні і розподіл інтенсивності відбитого сигналу моделюються з урахуванням фрактальної структури.

Ключові слова: фрактальна розмірність, відбитий сигнал розподілення інтенсивності, морська поверхня, фацетна модель

Malyarov M.

Modeling of picture sea surface based its fractal properties in the monitoring of emergency

Proposed to add the facet model of the optical signal reflected from the sea surface, the values of the fractal dimension. This profile of the sea surface and the intensity distribution of the reflected signal with the simulated fractal structure.

Key words: fractal dimension, the distribution of the intensity of the reflected signal, the sea surface, faceted model

УДК 502.5:504.062

*Михальська Л.Л., канд. техн. наук, директор, ХНЦВЕ,
Прохач Е.Ю., д-р техн. наук, заст. директора, ХНЦВЕ,
Попов Н.П., канд. техн. наук, ст. наук. співр.,
науково-дослідний центр "Моніторинг-43"*

ГЕПТИЛ В ҐРУНТІ

Надано аналіз літературних даних та результати особистих досліджень щодо трансформації гептилу в ґрунті, стабільності гептилу в ґрунті з часом, глибини проникнення гептилу в ґрунт в залежності від типу ґрунту

Ключові слова: ґрунт, гептил, міграція, трансформація

Постановка проблеми. Ракетне пальне гептил (1,1-диметилгідразин, несиметричний диметилгідразин, НДМГ) є речовиною першого класу небезпеки, має канцерогенну, емб-

Михальська Л.Л., Прохач Е.Ю., Попов Н.П.

ріотоксичну, гонадотоксичну, політропну дію, алергічний ефект, викликає отруєння за будь-яких шляхів потрапляння в організм. Гранично допустима концентрація (ГДК) гептилу в ґрунті згідно з [1] становить 0,1 мг/кг. Всесвітньою організацією охорони здоров'я НДМГ внесено до списку особливо небезпечних хімічних сполук [2].

Обсяг робіт, спрямованих на ліквідацію джерел виникнення надзвичайних ситуацій, якими є місця, забруднені гептилом, залежить від низки факторів, серед яких важливими є глибина проникнення гептилу в ґрунт, стабільність гептилу з часом, трансформація гептилу в ґрунті. З'ясування цих залежностей має сприяти підвищенню ефективності робіт із запобігання виникнення надзвичайних ситуацій в місцях колишнього зберігання і використання гептилу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Слід зазначити, що зміст публікацій стосовно поводження гептилу в ґрунті досить суперечливий. У більшості статей, пов'язаних з забрудненням навколишнього природного середовища компонентами ракетних палив (КРП) зазначається, що в районах падіння (РП) відпрацьованих ступенів ракет-носіїв, або там, де відбувалися аварії ракет, спостерігається значне забруднення ґрунту гептилом та його похідними, причому гептил зберігається в ґрунті довгі роки. Так, у статті [3], наведеній в Національному науковому порталі республіки Казахстан, повідомляється, що в Саяно-Алтайському регіоні площа забруднення фрагментами частин ракет-носіїв "Протон" і "Союз", що відділяються, становить 6,5 тис. км² в Алтайському краї і 3,7 тис. км² в Республіці Алтай. На території, прилеглої до районів падіння відпрацьованих перших і других ступенів ракет з резервними залишками пального, середній вміст гептилу в ґрунті склав 0,52 мг/кг (5,2 ГДК).

За даними, наведеними в [4] по полігону "Плесецьк" максимальні концентрації несиметричного диметилгідразину в ґрунті зафіксовані в районі падіння "Койда" - 268,4 мг/кг (2684 ГДК). Північні РП розташовані в арктичній і субарктичній кліматичних зонах, що визначає їх дуже слабку здатність до самоочищення. Дослідження забруднених компонентами ракетного палива місць падіння різної давнини (від 5 до 23 років) показало, що зменшення концентрації НДМГ до рівня 1-2 ГДК відбувається більш ніж за 20 років. На територіях падіння ступенів "Протону", "Космосу", "Циклону" виявлені

великі геохімічні аномалії гептилу і його метаболітів в рослинному покриві, ґрунті і донних відкладеннях, ґрунтових і поверхневих водах з вмістом, що значно перевищує ГДК.

Аналогічні дані наведені у [5], де зазначається, що концентрація НДМГ в ґрунті пов'язана з органомінеральним комплексом ґрунту, причому в заболочених ландшафтах Півночі НДМГ і найбільш токсичні продукти його окислення зберігаються значно довше, ніж у південних районах. В ґрунтах районів падіння на території Архангельської області і Ненецького автономного округу концентрація НДМГ значно перевищує аналогічні показники на території Казахстану, добігаючи 800 і більш ГДК.

У [6] наведені важливі, на наш погляд, дані спостережень директора Центру фізико-хімічних методів дослідження і аналізу при КазНУ Михайла Науризбаєва на місці аварії космічної ракети “Днепр”. “По нашим данным, - говорить М. Науризбаєв, - 26,7 тонны гептила не взорвалось, а разлилось. Первые пробы брали на глубине 70 сантиметров, и они ничего не дали. Дело в том, что там песчаный грунт и гептил легко уходит сквозь него до влажности. На глубине трех метров мы его все-таки нашли и доказали, что он там есть”.

Вчений зазначає, що гептил має високу плинність: попавши на землю, він одразу ж дістається підземних водоносних горизонтів, розчиняється у воді і, що цікаво, коли йде дощ, підіймається догори. Крім того, гептил надзвичайно “прилиплий” до того місця, де він опинився. Російські вчені, які проводили дослід з цією речовиною, знаходять його вже на протязі 34 років на одних і тих місцях.

На стабільності гептилу та його похідних в ґрунті наголошується і в інших статтях. Так, зокрема, згідно з твердженнями експертів Всесвітньої організації охорони здоров'я термін самонейтралізації гептилу в ґрунті складає більш 20 років [4]. Тезу щодо стабільності гептилу та його похідних в ґрунті поділяють і відомі вчені Лев Федоров та Олексій Яблуков [7].

Поряд з викладеним зустрічаються публікації, де точка зору протилежна. Так у [8], з посиланням на співробітника хімічного факультету МДУ А. Смоленкова стверджується, що вже через добу концентрація гептилу в ґрунті знижується на декілька порядків. Гептил частково випаровується і частково перетворюється на інші хімічні сполуки. Останні дослідження, проведені в аналітичному центрі, нібито доводять, що вже че-

рез місяць після старту в природних умовах гідразин відсутній. Зостаються лише продукти перетворення і їх концентрації складають частки відсотків від вихідного значення. Як роз'яснили хіміки кореспонденту Infox.ru через слабкий розвиток аналітичних технологій довгий час продукти окислення несиметричного диметилгідразину визначали, як гептил. Крім того стверджується, що гептил сильно зв'язується у ґрунті, через що не розповсюджується в навколишньому середовищі. За даними фахівців аналітичного центру географічного факультету МДУ встановлено, що гептил і токсичні продукти його розкладу не проникають у ґрунт глибше, як на один метр.

Запуски з космодрому Байконур ракет, що використовують в якості пального токсичний гептил, не справляють ніякого діяння на екосистеми регіонів Сибіру і Дальнього Сходу, над якими проходить траса їх польоту. Про це свідчать дані багатолітніх спостережень російських вчених, заявила завідувач лабораторією екологічної безпеки географічного факультету МДУ Тетяна Корольова [9]. Як вважає Т. Корольова, уявлення про “гептильне забруднення” цих регіонів виникло у 1990 роки, коли через недосконалість методик були одержані дані про наявність диметилгідразину. Після аналізу методики стало зрозуміло: те, що ми знаходили, — це природна органіка, стверджує Корольова. “У 2000 році на хімічному факультеті МДУ була розроблена нова точна хроматографічна методика, і з того часу ніколи на Алтаї несиметричний диметилгідразин виявлено не було — ні в ґрунті, ні в рослинності, ні в снігу, ні у воді”, - додала вона.

Визначення складу продуктів перетворення та їх міграції проводять головним чином експериментальними методами. Так в роботі [10] наведені результати дослідження особливостей перетворення НДМГ в ґрунтах двох видів: органомінеральному і дерново-підзолистому супіщаному. Експерименти проводились в лабораторних умовах в колонках висотою 300 мм і діаметром 80 мм. Нижню частину колонки (200 мм) заповнювали ґрунтом з внесеним НДМГ, у верхній частині (100 мм) розміщували незабруднений ґрунт. Тривалість експерименту складала 45 діб. Склад продуктів розкладу визначався наприкінці випробування.

Дослідження показали, що в ґрунті відбувається хімічний розпад НДМГ з утворенням низки органічних речовин. В

таблиці 1 наведені значення концентрацій речовин, що утворюються при розпаді НДМГ.

Таблиця 1 – Трансформація НДМГ в ґрунті

Концентрація НДМГ, г/кг	Частина колонки	Супіщаний дерново-підзолистий ґрунт				Органо-мінеральний ґрунт			
		НДМГ	НДМА	ДМА	ФА	НДМГ	НДМА	ДМА	ФА
		мг/кг ґрунту				мг/кг ґрунту			
1,0	верхня	нема	нема	нема	нема	1,0	нема	0,22	273
	середня	нема	0,09	2,5	5,2	20,2	0,14	3,02	308
	нижня	50,0	0,42	3,75	6,2	30,9	1,06	16,6	352
5,0	верхня	1,25	нема	1,87	2,5	13,4	0,5	4,7	249
	середня	20,5	0,30	39,4	43,7	149,0	0,6	31,7	277
	нижня	26,0	0,30	41,2	45,0	200,0	2,44	33,6	306

Як свідчать дані таблиці, за 40 діб перебування у ґрунті концентрація НДМГ зменшилась в десятки разів, при цьому утворилась низка нових токсичних речовин — нітрозодиметиламіну (НДМА), диметиламіну (ДМА), формальдегіду (ФА). Основний вміст продуктів хімічних перетворень спостерігався в нижній і середній частинах колонки.

В органо-мінеральному ґрунті виявлено більш високий вміст НДМГ. За думкою авторів, це пов'язано з тим, що органо-мінеральний ґрунт може адсорбувати НДМГ на поверхні ґрунтових часток.

За даними таблиці 1 можна судити і про міграцію продуктів перетворення НДМГ в межах колонки. Експерименти показали, що концентрація токсичних речовин у верхньому перекриваючому шарі мала, що свідчить про слабку міграцію НДМГ знизу вгору. За думкою авторів це означає, що для захисту довкілля забруднений шар ґрунту може бути перекритий (ізолюваний) незабрудненим ґрунтом.

Постановка завдання та його вирішення. Для України питання трансформації та розповсюдження гептилу в ґрунті мають практичне значення з точки зору запобігання надзвичайних ситуацій в місцях, де зберігався або використовувався гептил (бойові стартові позиції, технічні ракетні бази, склади зберігання компонентів ракетних палив і т. і.). Щодо Російської Федерації, яка систематично здійснює запуски ракет, ті ж питання мають економічне і політичне значення (ве-

Михальська Л.Л., Прохач Е.Ю., Попов Н.П.

ликий розмір штрафів за забруднення території, значна вартість заходів щодо знешкодження місць забруднення або заміни компонентів ракетного палива на екологічно безпечні). Отже вимагає достовірної відповіді низка питань: як довго зберігається гептил в ґрунті, як глибоко просочується гептил, як відбуваються розповсюдження і трансформація гептилу в ґрунті. Саме аналізу цих питань призначена дана стаття.

Порівняємо глибину проникнення гептилу в ґрунтові горизонти для об'єктів зберігання КРП, приблизно однакових за умовами і терміном експлуатації. Зауважимо, що вміст НДМГ і НДМА в ґрунті визначався за атестованою методикою виконання вимірювань. Як засіб вимірювань використовувався рідинний хроматограф із спектрофотометричним детектором із змінною довжиною хвилі фірми "Hewlett Packard", модель HP-1050/1100.

Одержані під час обстеження екологічного стану об'єктів дані наведені в таблиці 2.

ґрунт є багатофазною та багатокомпонентною пористою системою, що складається з мінеральних та колоїдних часток (твердий скелет), а також води, пари і повітря. Склад ґрунту надзвичайно різноманітний. Тому у колонці "Склад ґрунту" наведені усереднені дані ґрунту, що превалює у тому чи іншому шарі.

За результатами аналізу даних, наданих в таблиці 2, можна зробити наступні висновки:

- вирішальну роль у розповсюдженні гептилу в ґрунтових горизонтах відіграє тип складання ґрунту, наявність водотривкого шару. В залежності від складу ґрунту глибина розповсюдження гептилу і його похідної — нітрозодиметиламіну може сягати від 0,3 до 13 м;

- значну роль у розповсюдженні гептилу відіграє верхній шар ґрунту, а саме насипний ґрунт і ґрунтово-рослинний шар, що збігається з даними [10]. Якщо насипний шар складається з супіску, це сприяє утриманню і подальшому розповсюдженню гептилу до водоносних горизонтів;

- географічне розташування об'єктів в межах України практично не впливає на міграцію гептилу в ґрунті - гептил залишається в верхньому шарі ґрунту незалежно від того знаходиться об'єкт на півдні, сході чи заході.

Таблиця 2 – Глибина проникнення НДМГ і НДМА в ґрунтові горизонти

Розташування об'єкту	Склад ґрунту	Глибина проникнення в ґрунт НДМГ і НДМА	Наявність НДМГ і НДМА в природній воді
АР Крим	Насипний ґрунт - суглинок Суглинок до глибини 21 м Глина сіра щільна до 30 м	30 см	НДМГ і НДМА в природній воді відсутні
Вінницька обл.	Ґрунтово-рослинний шар — суглинок твердий Суглинок бурий напівтвердий Суглинок жовто-сірий м'якопластичний	30см	НДМГ і НДМА в природній воді відсутні
Харківська обл.	Ґрунтово-рослинний шар — суглинок твердий 0-1,0 м Суглинок твердої та напівтвердої консистенції 1,0-12,4 м Глина бура 12,4-20,0 м	4,0 м	НДМГ і НДМА в природній воді відсутні
Одеська обл.	Насипний ґрунт — суглинок Ґрунтово-рослинний шар — глина темно-сіра тверда Суглинок від твердої до тугопластичної консистенції	30 см	НДМГ і НДМА в природній воді відсутні
Київська обл.	Насипний ґрунт — супісок Супісок твердої та напівтвердої консистенції Суглинок з прошарками піску	13,0 м	НДМГ і НДМА визначені у воді із свердловин
Івано-Франківська обл.	Ґрунтово-рослинний шар — супісок темносірий 0-0,4 м Суглинок сіруватобурий напівтвердої консистенції 0,4-2,7 м Глина сірувато-бура напівтвердої і тугопластичної консистенції 2,7-4,0 м	4,0 м	НДМГ і НДМА в природній воді відсутні
Львівська обл.	Насипний ґрунт — супісок, пісок Ґрунтово-рослинний шар — темно-сірий, гумусований, піщаний Суглинок буровато-жовтий з прошарками піску	4,0 м	НДМГ і НДМА знайдено у поверхневих водах та артезіанських свердловинах

Дані щодо об'єкту, розташованому у Харківській області, частково не відповідають запропонованій концепції. Це може бути пов'язано з більшими виливами, що пояснюється інтенсивною експлуатацією об'єкту, куди гептил звозили з інших сховищ, а потім відправляли в Російську Федерацію.

Отже міграція НДМГ та його похідних в ґрунті залежить від багатьох факторів. Визначальним є тип ґрунту, його фізичні, хімічні властивості і фізико-хімічні параметри. Значний вплив на міграцію речовини мають сили, що діють в системі: градієнти концентрації розчинених речовин, вологості, температури. Досить важливим є тип складання ґрунту, кліматичні умови в місцях виливу і доза НДМГ, що вноситься в ґрунт. За даними [11] на ландшафтах з бурими пустельно-степовими ґрунтами глибина проникнення НДМГ за перші місяці після падіння відпрацьованих ступенів ракет сягає 1 м і більше. Глибина проникнення в ґрунт гептилу при відповідному складі ґрунту може, за нашими даними, сягати більш 10 м і діставатися підземних водоносних горизонтів. На рівнинах, складених водотривкими глинами та суглинками з бурими сильно-солонцюватими ґрунтами, проникнення в ґрунтову товщу НДМГ утруднено і складає в середньому 0-15 см від поверхні, що створює умови для накопичення НДМГ у верхніх горизонтах ґрунту з поверхневим стоком в долини річок.

Таблиця 3 – Результати аналізів поверхневих (шар 0-30 см) проб ґрунту на вміст гептилу та продуктів його розкладу

Випробувальна ділянка	Концентрація забруднюючих речовин, мг/кг					
	НДМГ	$I_{гдк}$	НДМА	$I_{гдк}$	ДМА	$I_{ф}$
кв.1	0,010	1,0	0,033	3,30	0,067	2,23
кв.2	0,002	0,20	0,011	1,10	0,014	0,47
кв.3	0,024	2,40	0,023	2,30	0,141	4,70
кв.4	0,004	0,40	0,012	1,20	-	-
кв.5	0,048	4,80	0,013	1,3	0,155	5,17
кв. 6	0,43	43,0	0,053	5,30	1,406	46,87

$I_{гдк}$ — відношення результату аналізу до ГДК;

$I_{ф}$ — відношення результату аналізу до фонового значення.

Відносно трансформації гептилу слід зазначити, що НДМГ є досить нестійким і утворює в ґрунті низку неорганічних і органічних сполук. Для ілюстрації цього положення на-

Гептил в ґрунті

ведемо дані щодо вмісту забруднюючих речовин в верхньому шарі ґрунту за результатами екологічного обстеження сховища КРП в Одеській області (таблиці 3-4).

Таблиця 4 – Результати аналізів поверхневих проб ґрунту на вміст формальдегіду, нітратів і нітритів

Випробувальна ділянка	Концентрація забруднюючих речовин, мг/кг					
	ФА	$I_{гдк}$	NO ₃	$I_{гдк}$	NO ₂	$I_{ф}$
кв.1	1,78	0,25	-		1,17	0,97
кв.2	3,34	0,48	-		1,67	1,38
кв.3	1,46	0,21	-		1,02	0,84
кв.4	2,08	0,30	-		1,37	1,13
кв.5	2,29	0,33	-		1,21	1,00
кв.6	1,61	0,23	-		2,59	2,14

Отже у верхніх шарах ґрунту, де гептил має контакт з киснем повітря, відбувається розклад гептилу з утворенням нітрозодиметиламіну, диметиламіну, формальдегіду, нітритів, нітратів та інших речовин. Нітрозодиметиламін визначається навіть там, де при попередніх обстеженнях він був відсутнім, а там, де він був присутнім, його концентрація з часом збільшується [12].

У більш глибоких шарах ґрунту гептил зберігається досить стабільно (за одержаними нами даними більш семи років). Дані, що підтверджують тривалий термін зберігання гептилу та його похідних в ґрунті, наведені в [12].

Базуючись на опублікованих даних та результатах власних досліджень, ми можемо зробити наступні висновки.

Висновки

1. Головним фактором, що визначає глибину проникнення гептилу в ґрунт, є склад ґрунту. Особливу роль відіграє поверхневий шар ґрунту. За результатами проведених нами обстежень глибина проникнення гептилу в ґрунт може сягати від 0,3 м для суглинків до 13 м і більше для супіску. Місце розташування об'єктів в межах України мало впливає на глибину проникнення.

2. У верхніх шарах ґрунту (0-30 см) за умови контакту з киснем атмосферного повітря гептил розкладається з утворенням таких токсичних речовин, як нітрозодиметиламін, диметиламін, формальдегід, нітрити, нітрати та інші. У більш

Михальська Л.Л., Прохач Е.Ю., Попов Н.П.

глибоких шарах ґрунту гептил зберігається досить стабільно (за одержаними нами даними більш семи років). Потрапляючи до ґрунту, гептил і нітрозодиметиламін разом з талими або дощовими водами опиняються, зрештою, у підземних ґрунтових водах, що забезпечують водопостачання навколишніх населених пунктів. Отже об'єкти, де зберігався або використовувався гептил, є потенційними джерелами виникнення надзвичайних ситуацій.

3. Через значну різноманітність складу ґрунтів, різні умови експлуатації об'єктів, невідомі об'єми виливів і т. і. прогнозувати глибину проникнення гептилу в ґрунт навіть при відомій гідрогеології району розташування об'єкту досить складно. Найбільш вірогідні дані можуть бути отримані лише шляхом проведення екологічного обстеження, буріння свердловин, пошарового відбору і подальшого аналізу проб ґрунту. Для одержання достовірних даних визначення вмісту гептилу в ґрунті необхідно застосовувати методи рідинної або газової хроматографії.

ЛІТЕРАТУРА

1. Гигиенические нормативы Российской Федерации. ГН 2.1.7.2735-10
2. Панин Л.Е. Медико-социальные и экологические проблемы использования ракет на жидком топливе (гептил) / Панин Л.Е., Перова А.Ю. БЮЛЛЕТЕНЬ СО РАМН.- 2006.- №1 (119), - С. 124-131
3. Воздействие ракетно-космической техники на экологическую обстановку (Космодром Байконур). Национальный научный портал республики Казахстан (www.nauka.kz/index.php). 2013/ 10/09/2012
4. Применение гептила и АТ в «мирных» запусках — экономия или вред? Военное обозрение. Технологии. 10.09.2012. Режим доступа: topwar.ru/18583
5. М. Шитиков. Чем опасен гептил. Пресса Архангельской области. Газета “Звезда” 16 мая 2003 (20)
6. Ирина Гайкалова. Ракетные мощи. НП Кз Исследования. 18 августа 2006 №33 (429).
7. Космос не дал добро или страсти по гептилу. drututu.com. 25.08.2011

8. Гептил разложился на составляющие. “Око планеты” Информационно-аналитический портал. Mozilla Firefox. 17.07.2009
9. Московский ученый: Гептил не вредит экологии Алтая. Новости горного Алтая. 27.10.2012
10. Петрова З.М. Миграция несимметричного диметилгидразина и его производных при рекультивации загрязненных почв /Петрова З.М., Остапенко Н.С., Бойцова Л.В //Почвоведение.- 1999.- № 12. - С. 1502-1508.
11. Касимов Н.С. Поведение компонентов ракетного топлива в почвах, водах и растениях / Касимов Н.С., Гребенюк В.Б.// Почвоведение.-1994.- № 9.- С. 110-120.
12. Прохач Е.Ю. Експериментальна та аналітична оцінка забруднення ґрунту в районі сховищ компонентів ракетних палив / Прохач Е.Ю.// Проблеми надзвичайних ситуацій. Зб. наук. пр. УЦЗ України. Вип. 11. - Харків: УЦЗУ, 2010. - С. 105-111

Михальская Л.Л, Прохач Э.Е., Попов Н.П.

Гептил в грунте

Представлены анализ литературных данных и результаты собственных исследований по трансформации гептила в грунте, стабильности гептила в грунте во времени, глубины проникновения гептила в грунт в зависимости от типа грунта

Ключевые слова: грунт, гептил, миграция, трансформация

Mikhalska L.L., Prokhach E.Yu., Popov N.P.

Heptyl in the soil

Presents the analysis of the literature data and the results of their studies on the transformation of the soil heptyl, heptyl stability in the soil over time, heptyl penetration into the soil depending upon the soil type

Key words: soil, heptyl, migration, transformation