

РОЗРОБКА МЕТОДУ ОЦІНКИ ТОКСИЧНОСТІ НАФТОЗАБРУДНЕНИХ ҐРУНТІВ

О. Романюк

*Відділення фізико-хімії горючих копалин
Інституту фізико-органічної хімії і вуглехімії
імені Л.М. Литвиненка НАН України
вул. Наукова, 3а, Львів 79053, Україна
e-mail: romaniuk@ua.fm*

Уперше розроблено метод оцінки токсичності нафтозабруднених ґрунтів з одночасним встановленням концентрації забруднювача, суть якого полягає у пророщуванні насіння тест-об'єктів у темноті, в умовах термостатування 24°C, у чашках Петрі на забрудненому ґрунті; визначенні початкових ростових параметрів на п'яту добу росту, розрахунку ефективної токсичності, встановленні вмісту нафти у ґрунті за величиною ефективної токсичності. Запропоновано оцінювати токсичність нафтозабруднених ґрунтів за величиною ефективної токсичності, що характеризує ефект сумарного впливу токсиканта на ростові параметри тест-об'єкта. Ефективну токсичність представлено як суму коефіцієнтів пригнічення схожості, росту кореня та пагона, зменшену на кількість врахованих параметрів. Доведено лінійний зв'язок між концентрацією нафти у ґрунті й ефективною токсичністю. Показана доцільність використання як тест-об'єктів: льону звичайного (*Linum usitatissimum* L.), соняшника однорічного (*Helianthus annuus* L.), гречки посівної (*Fagopyrum vulgare* St.).

Ключові слова: ефективна токсичність, коефіцієнт пригнічення, нафтозабруднені ґрунти.

На сьогоднішній день нафта є одним із основних забруднювачів навколишнього середовища і найбільш небезпечним із них через полікомпонентність складу, високу стійкість, кумулятивність, токсичність.

Ґрунти, що забруднені нафтою і нафтопродуктами, характеризуються порушеною структурою та негативною зміною основних фізико-хімічних параметрів. Вони набувають гідрофобності, що погіршує газообмін і водне живлення, призводить до різкого зниження кількісного і якісного складу ґрунтової фауни та флори, значного зменшення біопродуктивності. У процесі трансформації вуглеводнів утворюються нові сполуки, які часто не менш токсичні, ніж вихідні компоненти нафти.

Традиційна аналітична оцінка ступеня екологічної небезпеки, що здійснюється шляхом визначення у довкіллі концентрації окремих потенційно шкідливих речовин і порівняння отриманих результатів із гранично допустимими не завжди є достатньою, особливо коли йдеться про вплив на живі системи. Полікомпонентність нафтового забруднення, його трансформація в часі потребує комплексного підходу, який передбачає не лише визначення рівня нафтохімічного забруднення, але й визначення токсичної дії цього забруднення на живі організми. Тому актуальною є розробка ефективних методів екотоксикологічної оцінки стану ґрунтової екосистеми при нафтових розливах, з одночасним встановленням концентрації забруднювача (нафти) у ґрунті. Перспективним у цьому плані є використання рослинних об'єктів як індикаторів на наявність нафти у ґрунті, кількісної оцінки токсичності й рівня забруднення. Методи визначення токсичності

за допомогою рослинних тест-об'єктів мають низку переваг – оперативність, доступність, простота проведення досліджень, економічність, достовірність. Однак, незважаючи на чималу кількість існуючих методів екотоксикологічної оцінки ґрунтів, забруднених важкими металами, на сьогоднішній день питання екотоксикологічної оцінки ґрунтів, забруднених нафтою, залишається невирішеним. Тому метою нашої роботи була розробка методу визначення токсичності нафтозабруднених ґрунтів за допомогою рослинних тест-об'єктів з одночасним встановленням концентрації забруднювача. Для цього слід було вирішити такі завдання: 1. Розробити технологію методу, яка б забезпечувала високу надійність і повторюваність; 2. Знайти чутливі до нафтового забруднення тест-об'єкти, які б давали достовірну відповідь на рівень нафтового забруднення; 3. Вибрати оптимальні тест-показники, які б забезпечували надійну оцінку рівня забруднення й токсичності.

Матеріали та методи

Для досліджень використовували ґрунт, штучно забруднений сировою нафтою (густиною 0,86 г/мл) так, що її вміст у ньому становив 0,4; 1; 2,5; 5; 8; 10; 15; 17; 20%. Контролем слугував ґрунт без нафти. Серії дослідів проводили не менш ніж у трикратному повторенні, при кількості об'єктів вимірювання не менш ніж 60 для кожної концентрації. Статистичну обробку даних здійснювали за критерієм Ст'юдента з достовірністю $\geq 0,95$ ($P < 0,05$).

Результати і їхнє обговорення

На першому етапі ми розробляли технологію методу оцінки токсичності нафтозабруднених ґрунтів, спираючись на літературні дані та власні експериментальні дослідження.

Відомі з літературних джерел методи оцінки токсичності ґрунтів за участю рослинних тест-об'єктів стосуються переважно забруднення важкими металами [2–4, 10, 16, 20] і зовсім мало – екотоксикологічної оцінки ґрунтів, забруднених нафтою [6, 11, 21, 22]. Згідно з цими методами, насіння тест-культур висаджують у чашки Петрі на фільтрувальний папір [7–9], зволожений водною витяжкою забрудненого ґрунту, чи шар піску [1, 13], що насипають на досліджуваний забруднений ґрунт. При цьому насіння попередньо замочують у воді до набухання чи проростання [5, 11]. Токсичність встановлюють по прямих або відносних показниках проростання насіння, довжини кореня, висоти пагона, біомаси [2, 7, 8, 16, 21].

Літературні дані про вплив нафти на проростання насіння рослин суперечливі. У низці робіт вказується на відсутність дії нафтового забруднення на схожість [23]. В інших роботах зазначається, що нафта має сильний негативний вплив на проростання [12], що пояснюється не лише токсичністю нафти, але й набутою гідрофобністю ґрунту і сорбцією нафти на поверхні насіння, що перешкоджає надходженню до нього води і кисню [19]. Тому, незважаючи на простоту оцінки фітотоксичності ґрунту за морфометричними показниками рослин і схожості насіння, для уникнення факторів розбіжності наявні технології методу мають бути трохи змінені та стандартизовані.

Насамперед це стосується субстрату, який має бути гомогенізований ретельним розтиранням і додаванням оптимальної кількості води, при якій не відбувається розшарування нафти з водою. Це дуже важливо з огляду на необхідну повторюваність результатів. Експериментально нами встановлено, що при вмісті 0–20% нафти у ґрунті оптимальною для гомогенізації та зволоження є 33,3% води.

Як уже зазначалося, деякі автори при дослідженні токсичності ґрунтів висів насіння рослинних тест-об'єктів проводять на фільтрувальний папір або шар піску, вважаючи, що токсичні речовини дифундують у них. Але на дифузії сильно впливатимуть деякі фактори, в першу чергу концентрація забруднювача у ґрунті, адсорбційні властивості субстрату

й температура. Крім того, невідомо, як нафта при різних концентраціях розподілятиметься між двома субстратами (наприклад, ґрунтом і піском) та яка буде концентрація забруднювача по товщині шару. Для врахування цих факторів потрібні додаткові кропіткі дослідження. Простіше змінити саму методику дослідження.

Ми пропонуємо таку методику. Висадку насіння тест-об'єктів проводити безпосередньо на досліджуваний ґрунт, поміщений у чашки Петрі. Це дає змогу максимально наблизити експеримент до природних умов, не втративши будь-які фактори, що впливають на токсичність. Як було встановлено експериментально, для висіву насіння у чашки Петрі оптимальною є кількість ґрунту масою 20 г, повітряно-сухого, просіяного через сито з отворами 1 мм, зволоженого 10 мл води (до вологості 33,3%) і гомогенізованого розтиранням до однорідної консистенції.

З метою максимального врахування токсичної дії нафтозабрудненого ґрунту насіння слід висаджувати без попереднього замочування чи набухання. Для пророщування використовувати закриті чашки Петрі для забезпечення стабільного режиму вологості. Пророщування проводити в темноті, у режимі термостатування при +24°C. Запропонована технологія забезпечує практично 100% повторюваність результатів експерименту.

Важливим етапом у розробці методу був пошук рослинних об'єктів, чутливих до нафтового забруднення, і таких, що мають достовірний відгук на зміну концентрації нафти у ґрунті. Ми зупинилися на доступних сільськогосподарських однорічних насінневих культурах завдяки їхній дешевизні, можливості стандартизації за сортом. Були опробовані: льон звичайний (*Linum usitatissimum* L.), соняшник однорічний (*Helianthus annuus* L.), ріпак озимий (*Brassica napus* L.), просо дике (*Panicum miliaceum* L.), крес-салат (*Lepidium sativum* L.), огірок звичайний (*Cucumis sativus* L.), кріп городній (*Anethum graveolens* L.), конюшина лучна (*Trifolium pretense* L.), овес посівний (*Avena sativa* L.), гречка посівна (*Fagopyrum vulgare* St.), насіння яких пророщували в чашках Петрі на нафтозабрудненому ґрунті [14].

Найбільш придатними для біотестування показали себе: льон звичайний, соняшник однорічний, гречка посівна, які чутливі до нафтового забруднення на ранніх стадіях проростання і здатні „працювати” у широкому діапазоні концентрації поліютанта 0–20% (табл. 1) [17, 18]. Було встановлено, що використання даних початкових ростових параметрів цих рослин, отриманих на п'яту добу росту в темноті, в умовах термостатування +24°C, є оптимальним для оцінки токсичності ґрунту [15, 18]. Результати дослідження залежностей початкових ростових параметрів льону звичайного, соняшника однорічного та гречки посівної від концентрації нафти у ґрунті наведені у табл. 1.

У всіх досліджуваних пробах відмічено достовірне зменшення довжини кореня та висоти пагона порівняно з контрольним значенням. Залежності між схожістю, відносними ростовими параметрами цих рослин і концентрацією нафти у ґрунті наближаються до лінійних [14, 23]. Однак їхнє відокремлене використання для визначення концентрації нафти у ґрунті є проблематичним через наявність екстремуму при низьких концентраціях нафти 0–2,5% або ділянок із плато при 2,5–8% для схожості насіння льону та соняшника, екстремуму в ділянці концентрацій 0,4–5% для відносної довжини кореня соняшника, плато на ділянці 5–15% для відносної висоти пагона гречки. Тому постало питання такої математичної обробки даних, яке б дало змогу отримати чіткі лінійні залежності між концентрацією нафти у ґрунті й параметом токсичності.

Для цього нами вперше запропоновано оцінювати токсичність нафтозабруднених ґрунтів за величиною ефективної токсичності (T^{ef}), що характеризує ефект сумарного впливу токсиканта на ростові параметри тест-об'єкта: *L. usitatissimum*, *H. annuus*, *F. vulgare*. За ефективну токсичність для нафтозабруднених ґрунтів приймаємо суму коефіцієнтів при-

Таблиця 1

Залежність початкових ростових параметрів тест-об'єктів від концентрації нафти у ґрунті (достовірність $\geq 0,95$ ($P < 0,05$), коефіцієнт Ст'юдента – 2,0 [18])

Ростові параметри досліджуваних рослин		Концентрація нафти у ґрунті, %									
		0	0,4	1	2,5	5	8	10	15	17	20
Льон звичайний	Довжина кореня, мм	52,15	40,13	36,02	30,38	31,64	29,15	26,94	20,10	14,19	12,17
	$^1\Delta X$	4,8	3,5	2,9	3,1	2	1,8	2	1,9	1,1	1,7
	2S_x	2,4		1,4	1,5	1,0	0,9	1,0	0,9	0,6	0,8
	Висота пагона, мм	74,15	57,74	57,80	52,25	52,25	42,35	41,48	26,93	10,50	8,62
	ΔX	3,5	3	4,3	2,9	2,1	2,5	2,6	3,6	0,7	1,1
	S_x	1,8		2,1	1,5	1,1	1,3	1,3	1,8	0,4	0,5
Соняшник однорічний	Довжина кореня, мм	89,21	83,00	49,25	63,91	52,25	50,21	41,32	36,76	18,21	13,17
	ΔX	11,7	12,4	10,6	12,4	7,9	8,0	11,5	6,9	4,4	5,1
	S_x	5,3	5,9	5,0	6,0	3,8	3,9	5,5	3,3	2,1	2,3
	Висота пагона, мм	45,13	44,65	30,29	27,92	22,86	20,42	16,57	14,87	9,07	6,38
	ΔX	7,3	6,1	8,4	5,9	4,1	3,4	5,8	2,5	2,4	3,0
	S_x	3,6	2,9	4,0	2,9	2,0	1,6	2,8	1,2	1,1	1,4
Гречка посівна	Довжина кореня, мм	68,17	60,39	48,24	46,08	45,11	41,68	38,56	26,47	14,67	0
	ΔX	4,9	5,7	5,1	6,2	4,1	4,6	4,3	4,4	4,3	0
	S_x	2,4	2,8	2,5	3,1	2,0	2,3	2,2	2,1	2,0	0
	Висота пагона, мм	65,31	32,97	23,03	22,74	14,27	17,13	13,23	13,23	10,13	0
	ΔX	6,7	5,8	3,7	2,7	1,9	2,3	1,7	2,0	1,1	0
	S_x	3,3	2,9	1,8	1,4	1,0	1,2	0,8	1,0	0,5	0

Примітки: 1 межі довірчого інтервалу; 2 середня квадратична похибка середнього арифметичного. Інструментальна похибка $\pm 0,5$ мм.

гнічення схожості, росту кореня та пагона, зменшену на кількість врахованих параметрів:

$$T_j^{ef} = \sum_{i=1}^n K_i - n = (K_N + K_l + K_h) - n \quad (1)$$

де T_j^{ef} – ефективна токсичність відповідно по льону, соняшнику чи гречці; K_N – коефіцієнт пригнічення схожості; K_l – коефіцієнт пригнічення росту кореня; K_h – коефіцієнт пригнічення росту пагона; n – кількість врахованих параметрів: схожість, довжина кореня, висоти пагона ($n=3$).

Під коефіцієнтом пригнічення розуміємо величину, яка вказує, у скільки разів ростовий параметр тест-об'єкта в досліді менший за відповідний у контролі.

Тобто коефіцієнт пригнічення схожості – це відношення кількості пророслого насіння в контролі до кількості пророслого насіння в досліді:

$$K_N = N_0 / N_i \quad (2)$$

де N_0 – кількість пророслого насіння в контролі; N_i – кількість пророслого насіння в досліді

Коефіцієнт пригнічення росту кореня – це відношення середньої довжини кореня у контролі до середньої довжини кореня у досліді:

$$K_l = l_0 / l_i \quad (3)$$

де l_0 – середня довжина кореня в контролі; l_i – середня довжина кореня в досліді.

Коефіцієнт пригнічення росту пагона – це відношення середньої висоти пагона у контролі до середньої висоти пагона в досліді:

$$K_h = h_0 / h_i, \tag{4}$$

де h_0 – середня висота пагона в контролі; h_i – середня висота пагона в досліді.

При такій обробці даних і проведенні регресійного аналізу нами отримані чіткі лінійні залежності між ефективною токсичністю, розрахованою за формулою (1), та концентрацією нафти у ґрунті в інтервалі 0–15 % для кожного з тест-об’єктів (рис. 1–3).

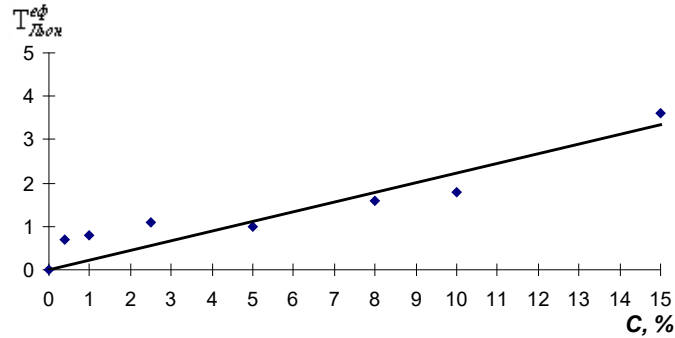


Рис. 1. Залежність ефективного токсичності ($T^{эф}$) по льону від вмісту нафти у ґрунті (C).

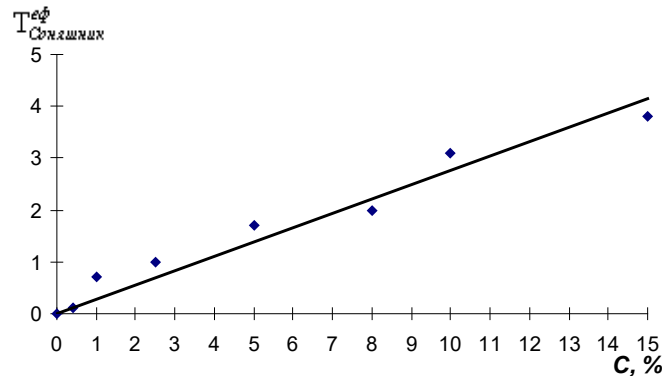


Рис. 2. Залежність ефективного токсичності ($T^{эф}$) по соняшнику від вмісту нафти у ґрунті (C).

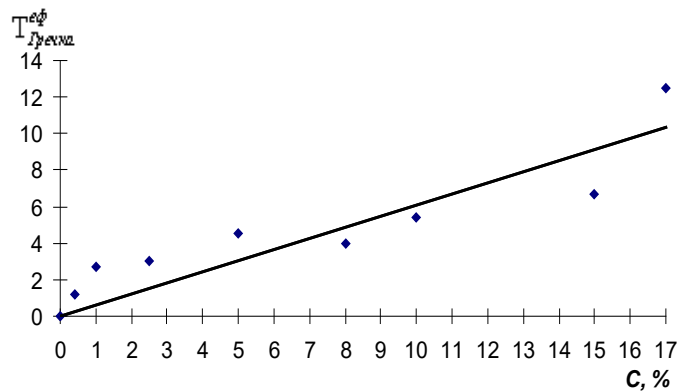


Рис. 3. Залежність ефективного токсичності ($T^{эф}$) по гречці від вмісту нафти у ґрунті (C).

Наведені графіки (рис. 1–3) можуть бути використані для визначення концентрації на-

фти у свіжозабруднених ґрунтах за величиною ефективної токсичності. Для розрахунку ефективної токсичності, попередньо слід отримати дані про коефіцієнти пригнічення ростових параметрів. Для цього необхідно висадити на досліджуваний ґрунт тест-об'єкти за запропонованою вище методикою та визначити початкові ростові параметри на п'яту добу росту.

Токсичність можна оцінити за кожним із трьох запропонованих тест-об'єктів, а їхнє сумісне використання підвищить точність досліджень. Інтервали нафтового забруднення, при якому оптимальним буде використання того чи іншого тест-об'єкта, наведені у табл. 2. Ці інтервали були встановлені нами в результаті аналізу статистично-значущої різниці не лише між даними експерименту і контролю, але й між експериментальними даними всередині інтервалів.

Таблиця 2

Межі концентрації нафти у ґрунті, при яких є оптимальним використання різних тест-об'єктів

Тест-об'єкти	Вміст нафти, %						
	0-0,4	0,4-1,0	0-2,5	2,5-10,0	8,0-15,0	10,0-15,0	15,0-17,0
Льон звичайний							
Соняшник однорічний							
Гречка посівна							

Таким чином, нами вперше встановлено, що токсичність нафтозабрудненого ґрунту можна оцінити за параметром ефективної токсичності T^{ef} , що характеризує ефект сумарного впливу токсиканта на ростові параметри тест-об'єктів. Доведено лінійний зв'язок між концентрацією нафти у ґрунті й ефективною токсичністю. Уперше розроблено метод визначення токсичності нафтозабруднених ґрунтів за допомогою рослинних тест-об'єктів з одночасним встановленням концентрації забруднювача. Доведена доцільність використання як тест-об'єктів: льону звичайного (*Linum usitatissimum* L.), соняшника однорічного (*Helianthus annuus* L.) та гречки посівної (*Fagopyrum vulgare* St.).

Автор статті виражає щире подяку аспірантці Л. З. Шевчик за допомогу в підготовці графічних матеріалів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Берестецький О. А. Методы определения токсичности почв. К.: Урожай, 1971. С. 139–243.
2. Валерко Р. А. Особливості біотестування антропогенно забруднених ґрунтів з метою їх екоотоксичної оцінки // Вісн. Харків. нац. аграр. ун-ту. Сер. Ґрунтознавство, агрохімія, землеробство, лісове господарство. 2013. № 2. С. 262–266.
3. Вальков В. Ф., Колесников С. И., Казеев К. Ш. Влияние загрязнения тяжелыми металлами на фитотоксичность чернозема // Агрехимия. 1997. № 6. С. 50–55.
4. Воробейчик Е., Позолотина В. Микромасштабное пространственное варьирование фитотоксичности лесной подстилки // Экология. 2003. № 6. С. 420–427.
5. Гарипова Р. Ф., Калиев А. Ж. Биотестирование водных вытяжек почв, подвергшихся воздействию выбросов газохимического Оренбургского комплекса // Вестн. Оренбург. ун-та. 2004. № 9. С. 90–92.
6. Гринчишин Н., Бабаджанова О., Соседко К. Фітотоксичність нафтозабруднених ґрунтів на прикладі крес-салату (*Lepidium sativum* L.) // Наук. вісн. НЛТУ України. 2014. Вип. 24. С. 81–86.
7. Горова А., Кулина С. Оцінка токсичності ґрунтів Червоноградського гірничопромислового району за допомогою ростового тесту // Вісн. Львів. ун-ту. Сер. біол. 2008. Вип. 48. С. 189–194.

8. Губачов О. І., Мамедов О. І., Задворний О. В. Визначення токсичності ґрунтів території в зоні впливу діяльності північного промвузла м. Кременчука // Нові технології. 2009. № 4 (26). С. 179–183.
9. Губачов О. І. Особливості використання рослин для біотестування ґрунтів з метою визначення рівня екологічної безпеки промислових територій // Наук. вісн. КУЕІТУ. Нові технології. 2010. № 3 (29). С. 164–171.
10. Зуев Е. А. Влияние солей тяжелых металлов на биологические показатели злаков: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Ставрополь, 2002. 23 с.
11. Назаров А. В., Иларионов С. А. Изучение причин фитотоксичности нефтезагрязненных почв // Письма в междунар. журн. Альтернативная энергетика и экология. 2005. № 1. С. 60–65.
12. Невзоров В. М. О вредном воздействии нефти на почву // Известия вузов. Лесной журнал. 1976. № 2. С. 164–165.
13. Пат. 91990 Україна, МПК А 01 С 1/00. Спосіб біотестування ґрунту, ґрунтових, поверхневих та стічних вод / Жукорський О. М., Моклячук Л. І., Никифору О. В. №U2014 01576; Заявл. 17.02.2014; Опубл. 25.07.2014.
14. Пат. Україна, МПК А 01 С 1/00, А 01 Н 5/00. Спосіб біотестування та біоіндикації забруднення ґрунтів нафтою / Романюк О. І., Шевчик Л. З., Жак Т. В. №U201505597; Заявл. 08.06.2015.
15. Романюк О. І., Шевчик Л. З. Розробка методу оцінки токсичності нафтозабруднених ґрунтів для екотоксикологічного моніторингу // Екологічні проблеми природокористування та охорона навколишнього середовища: зб. наук. праць Другої Всеукр. наук.-практ. конф. за міжнар. участю (Рівне, 21–23 жовтня 2015 р.). С. 157–158.
16. Франчук Г. М., Кіпніс Л. С., Маджд С. М., Загоруй Я. В. Екологічна оцінка стану довкілля в зоні аеропорту методами біотестування // Вісн. нац. авіац. ун-ту. 2006. № 2. С. 114–117.
17. Шевчик Л., Романюк О. Вивчення впливу нафти на початкові ростові параметри рослинних тест-об'єктів // Молодь і поступ біології: зб. тез X Міжнар. наук. конф. студентів і аспірантів (м. Львів, 8–11 квітня 2014 р.). 2014. С. 130–131.
18. Шевчик Л. З., Романюк О. І. Дослідження деяких закономірностей впливу нафти на початкові ростові параметри рослинних тест-об'єктів // Вісн. Львів. ун-ту. Сер. біол. 2014. Т. 67. С. 129–137.
19. Шилова И. И. Биологическая рекультивация нефтезагрязненных земель в условиях таежной зоны // Восстановление нефтезагрязненных почвенных экосистем. М.: Наука, 1988. С. 159–168.
20. Шунелько Е. В., Федорова А. И. Экологическая оценка городских почв и выявление уровня токсичности тяжелых металлов методом биотестирования // Вестн. Воронеж. ун-та. Сер. география и экология. 2000. № 4. С. 77–83.
21. Banks M. K., Schultz K. E. Comparison of plants for germination toxicity tests in petroleum contaminated soil // Water, Air and Soil Pollution. 2005. Vol. 167. P. 211–219.
22. Baran A., Jasiewicz C., Antonkiewicz J. Testing Toxicity of Oily Grounds Using Phytotoxin Test // The First Joint PSE-SETAC Conference of Ecotoxicology. Book of Abstracts, Poland. 2009. Poster.
23. Blankenship D. W., Larson R. A. Plant growth inhibition by the water extract of a crude oil // Water, Air and Soil Pollution. 1978. Vol. 10. N 4. P. 471–472.

Стаття: надійшла до редакції 16.12.15

доопрацьована 05.04.16

прийнята до друку 18.04.16

**DEVELOPMENT OF METHOD FOR TOXICITY EVALUATION
OF OIL-CONTAMINATED SOILS****O. Romaniuk**

*Physical Chemistry of Combustible Minerals Department
Institute of Physical Organic Chemistry and Carbon Chemistry
named after L. M. Lytvynenko, NAS of Ukraine
3^a, Naukova St., Lviv 79053, Ukraine
e-mail: romaniuk@ua.fm*

The method of toxicity evaluation of oil-contaminated soils with simultaneous estimation of concentration of pollutant was developed for the first time. The method consist of germination of seeds of test objects on the polluted soils in Petri dishes at 24°C under darkness, determining initial growth parameters after 5 days of growth, calculating the effective toxicity and evaluation of oil concentration on basis of the effective toxicity. Effective toxicity is suggested as numeric estimate of toxicity of oil polluted soils, which is based on total impact of toxicants on the growth parameters of test objects. Effective toxicity is defined as a sum of coefficients of inhibition of determination, root and shoot growth minus number of recorded parameters, linear dependence between oil concentration and effective toxicity was found. List of plant species feasible as test objects proposed: *Linum usitatissimum* L., *Helianthus annuus* L., *Fagopyrum vulgare* St.

Keywords: effective toxicity, inhibition coefficient, oil-contaminated soils.

**РАЗРАБОТКА МЕТОДА ОЦЕНКИ ТОКСИЧНОСТИ
НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ ПОЧВ****О. Романюк**

*Отделение физико-химии горючих ископаемых
Института физико-органической химии и углехимии
имени Л.М. Литвиненко НАН Украины
ул. Научная, 3^a, Львов 79053, Украина
e-mail: romaniuk@ua.fm*

Впервые разработан метод оценки токсичности нефтезагрязненных почв с одновременным определением концентрации загрязнителя, суть которого заключается в проращивании семян тест-объектов в темноте, в условиях термостатирования, в чашках Петри на загрязненной почве, определении начальных ростовых параметров на пятые сутки, расчета эффективной токсичности, определения содержания нефти в почве по величине эффективной токсичности. Предложено оценивать токсичность нефтезагрязненных почв по величине эффективной токсичности, что отображает эффект сумарного влияния токсиканта на ростовые параметры тест-объектов. Эффективная токсичность представлена как сумма коэффициентов угнетения схожести, роста корня и побега, уменьшенная на количество учтенных параметров. Доказана линейная связь между концентрацией нефти в почве и эффективной токсичностью. Показана целесообразность использования в качестве тест-объектов льна обыкновенного (*Linum usitatissimum* L.), подсолнуха однолетнего (*Helianthus annuus* L.), гречихи посевной (*Fagopyrum vulgare* St.).

Ключевые слова: эффективная токсичность, коэффициент угнетения, нефтезагрязненная почва.