

Джерела та література

1. Аналізатор іонів AI-123 : керівництво з експлуатації. – ПБФ ДЕСКК, 2007. – 36 с.
2. Брагинский Л. П. Некоторые принципы классификации пресноводных экосистем по уровням токсической загрязненности / Л. П. Брагинский // Гидробиол. журн. – 1985. – Т. 21, № 6. – С. 65–73.
3. Изучение уровня содержания азотных соединений в подземных водах Украины / Е. В. Стабникова, С. В. Телешева, Н. А. Малиш, В. П. Стабников // Науч. раб. Укр. гос. ун-та пищ. технологий. – 2000. – № 6. – С. 85–87.
4. Керівний нормативний документ 211.1.4.023-95 : методика визначення нітрит-йонів із реактивом Гріса в поверхневих та очищених стічних водах. – К., 1995. – С. 4–10.
5. Керівний нормативний документ 211.1.4.030-95 : методика визначення амоній-іонів із реактивом Неслера в стічних водах. – К., 1995. – С. 7–12.
6. Обобщенный перечень предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно безопасных уровней воздействия (ОБУВ) вредных веществ для воды рыбохозяйственных водоемов. – М., 1990. – 46 с.
7. СанПиН 4630–88. Санитарные правила и нормы охраны поверхностных вод от загрязнения.
8. Соколов О. А. Нитраты в окружающей среде / О. А. Соколов, В. М. Семенов, В. А. Агаев. – Пушино : ОНТИ НЦБИ АН СССР, 1990. – 317 с.
9. Хвесик М. А. Региональный анализ формирования качества поверхностных вод / М. А. Хвесик // Экологические проблемы Украины и пути их решения. – Киев : СОПС Украины АН Украины, 1991. – С. 39–45.

Лавринюк Зоряна. *Екологічна оцінка якості води озера Скоринь по вмісту азотних сполук.* Методами фотометричного та потенціометричного аналізу визначено вміст іонів амонію, нітрит- та нітрат-іонів у воді озера Скоринь. Встановлено, що вміст досліджуваних іонів в основному не перевищує предельно допустимих концентрацій. Екологічний стан озера Скоринь можна вважати задовільним.

Ключові слова: якість води; іони амонію; нітрит-іони; нітрат-іони; предельно допустима концентрація; фотометричний аналіз; потенціометричний аналіз.

Lavrynyuk Zoryana. *Ecological Assessment of the Water Quality of lake Scorin on the Content of Nitrogen Compounds.* The determination of content of ammonium, nitrite and nitrate ions in the water of lake Scorin was carried out by the photometric and potentiometric analyses. The concentration of investigated ions isn't over the maximum allowable concentration in the most cases. The ecological state of lake Scorin we can assume as acceptable.

Key words: water quality; ammonium ions; nitrite ions; nitrate ions; maximum allowable concentration; photometric analysis; potentiometric analysis.

Східноєвропейський національний університет
імені Лесі Українки

Стаття надійшла до редколегії
20.04.2013 р.

УДК 504-53.621

Олена Стаднічук

Біоіндикаційне оцінювання токсичності ґрунтів у зоні впливу військової діяльності

Досліджено можливість використання методів біотестування для оцінювання фітотоксичності забрудненого важкими металами ґрунту в зоні впливу військової діяльності. Наведено результати біоіндикаційної оцінки фітотоксичного ефекту з використанням тест-об'єкта *Allium cepa* L. (цибуля звичайна).

Ключові слова: біоіндикація, фітотоксичний ефект, ґрунти, важкі метали, тестування, тест-об'єкт, *Allium cepa* L., військові об'єкти.

Постановка наукової проблеми та її значення. Загальна площа військових полігонів становить близько 18 % усієї площі України. У процесі їх експлуатації, а також у ході повсякденної діяльності військ, зокрема випробувань, утилізації різних видів зброї, боєприпасів, вибухових речовин тощо, чиниться негативний вплив на довкілля. Тому надзвичайно важливою проблемою на сьогодні

є збереження екологічного стану територій розміщення навчально-військових, випробувальних полігонів Збройних сил України та прилеглих регіонів [7].

Одним зі способів запобігання техногенному забрудненню довкілля в ході військової діяльності є екологічне обстеження стану природного середовища в процесі впливу техногенного навантаження на військових полігонах Збройних сил України. Його метою є оцінювання стану наявних у межах військового полігону екосистем на основі досліджень видової різноманітності та стану розвитку біоти, властивостей ґрунту, поверхневих вод та атмосфери за гідрофізичними, гідрохімічними, екотоксикологічними, радіоекологічними та санітарно-бактеріологічними показниками.

Як відомо, надлишкові концентрації важких металів, які антропогенно надходять у природне середовище, негативно впливають на довкілля, що спричиняє порушення фізіологічних та біохімічних процесів у живих організмах [1; 10]. Нинішня система контролю за забрудненням довкілля ґрунтується на кількісному порівнянні компонентного складу проб із гранично допустимими концентраціями (ГДК) забруднювальних речовин. Екологічна небезпека техногенного впливу оцінюється на основі валового вмісту хімічних елементів, зокрема важких металів [11]. Серед них багато біогенних елементів, які необхідні для живих організмів, проте вони ж посідають і одне з провідних місць серед антропогенних забруднювачів педосфери. Надлишкова кількість важких металів, у т. ч. із біогенними властивостями, у різних компонентах біосфери (ґрунті, воді, фітомасі) має інгібуючий токсичний вплив на біоту. Особливо небезпечне їх нагромадження в ґрунті, який є природним накопичувачем важких металів, оскільки внаслідок міграційних процесів відбувається перенесення важких металів по харчових ланцюгах.

Екологічний контроль стану ґрунтів потребує впровадження ефективних методів, основною метою до яких є надання достовірної інформації про стан середовища. До них належить метод біотестування, що ґрунтується на вивченні зворотної реакції тест-організмів на сукупність негативного впливу токсичних сполук та інших факторів середовища. Основним критерієм оцінювання забруднення природного середовища є не концентрація полютанта, а реакція-відповідь живого організму-індикатора на його токсичну дію. Перевагою методів біотестування є урахування впливу антагоністичних і синергічних взаємодій полютантів, сумісної біологічної активності впливу фізико-хімічних факторів на біоту [12]. Крім того, ці методи характеризуються простотою і доступністю досліджень, повторюваністю й достовірністю отриманих результатів, економічністю [3; 4; 12].

Аналіз досліджень цієї проблеми. Окремі питання впливу військової діяльності на екологічний стан прилеглих територій розглянуті в публікаціях [1; 5–7; 9]. У цих роботах, зокрема, проведено попереднє оцінювання екологічного стану територій військових об'єктів та встановлено, що вміст деяких важких металів у ґрунтах перевищує значення ГДК. Проте питання щодо комплексного оцінювання техногенного забруднення наявних у межах військового полігону екосистем і прилеглих територій та заходів щодо його зменшення висвітлені не були.

У світовій практиці досить поширеним є оцінювання якості природного середовища на основі екологічного моніторингу. На території України успішні біоіндикаційні дослідження проводили А. І. Горова, В. П. Бесонова, І. І. Коршиков, О. М. Клименко, О. І. Губачов та ін. Пріоритетним напрямом є пошук специфічних тест-систем, які даватимуть змогу оцінювати комбінований вплив забруднень довкілля на біоту.

Мета і завдання статті. Матеріали численних публікацій свідчать, що моніторинг умісту важких металів здійснювався здебільшого в районах, які значно віддалені від військових об'єктів України [1; 2; 5; 9; 10], тоді як на прилеглих до них територіях їх уміст може істотно відрізнятися. Тому питання, пов'язані із забрудненістю ґрунтів військових об'єктів, є актуальними, оскільки однозначної відповіді про їх вплив на екологічний стан довкілля немає.

Мета цієї роботи – оцінити фітотоксичність ґрунтів військового полігону за допомогою тест-об'єкта цибулі звичайної *Allium cepa* L та розрахувати їх фітотоксичний ефект.

Біотестування ґрунтів промислово забруднених територій проводили за методикою А. Горової [8]. Оцінювання токсичності ґрунтів можна визначати за допомогою ростового тесту, зокрема в таких варіантах:

- пророщування насіння рослин на досліджуваних зразках субстратів;
- полив рослин досліджуваними рідинами у процесі вирощування в піщовій або ґрунтовій культурі;
- водна культура рослин на природних, питних, стічних водах, витяжках із ґрунтів, відходів тощо;

– рулонна культура рослин – насіння рослин-індикаторів розкладають на вологий папір, який скручують у рулон та ставлять у ємність із досліджуваною рідиною.

Виклад основного матеріалу й обґрунтування отриманих результатів дослідження. Військові полігони розміщені в різних регіонах нашої країни. Вони займають природно-територіальні зони в межах різнорівневих та по-різному техногенно трансформованих систем. Прикладом техногенно небезпечного розміщення може слугувати Міжнародний центр миротворчості та безпеки (військовий полігон сухопутних військ Збройних сил України), що в Яворівському районі Львівської області. Територія цього полігону належить до західних закінчень гряди Розточчя. Його призначення – навчання сухопутних військ Збройних сил та підготовка миротворчого контингенту України.

Для аналізу ґрунтів відбирали проби поблизу с. Старичі та на території військового об'єкта (біля КПШ, на стрільбищі полігону до початку навчань та після них). Час відбору – весна, після танення снігів. Проби ґрунту відібрано в трьох місцях: поблизу населеного пункту, біля КПШ та на стрільбищі полігону. Їх характеристику наведено в таблиці 1. Зразки ґрунту зі стрільбища відбирали тричі: до, під час та після двотижневих занять курсантів. Якісний аналіз ґрунтів показав, що значних кількостей хлоридів, сульфатів та йонів феруму (III) немає в жодному зразку, а незначну кількість карбонатів виявлено в ґрунті біля КПШ військового об'єкта (проба № 2).

Таблиця 1

Характеристика об'єктів дослідження

№ проби	Місце відбору	Особливість рельєфу та наявність рослинності	Характеристики ґрунтів	
			вологість, %	кислотність, pH
1	1000 м на південь від полігону (поблизу с. Старичі)	Відсутність будівель та водоймищ, пересічена місцевість, листяні дерева, трав'яниста рослинність, дощова вода випаровується	68	6,0
2	КПШ військового об'єкта	Наявність будівлі, листяних дерев, трав'янистої рослинності, систематичний полив зелених насаджень, дощова вода випаровується	73	6,2
3	Стрільбище полігону до початку занять	Відсутність будівель, пересічена місцевість, відсутність рослинності, дощова вода випаровується	88	6,4
4	Стрільбище полігону під час занять		88	6,4
5	Стрільбище полігону після занять		86	6,5

Аналіз ґрунтів на вміст важких металів проводили методом атомно-абсорбційної спектрофотометрії з ацетатно-амонійного буферного розчину (pH = 4,8). Отримані результати досліджень наведено в таблиці 2.

Таблиця 2

Вміст важких металів у ґрунтах Яворівського полігону та прилеглих територій

Вміст металів (рухома форма)	Pb, мг/кг	Cd, мг/кг	Cu, мг/кг	Zn, мг/кг	Ni, мг/кг
ГДК, мг/кг	6,00	1,0 (0,7)	3,00	23,00	4,0
Проба № 1	4,40	1,40	0,20	24,25	1,2
Проба № 2	2,75	0,10	не виявлено	10,90	0,3
Проба № 3	0,29	0,45	не виявлено	12,30	1,2
Проба № 4	1,20	1,02	0,75	22,10	3,3
Проба № 5	2,76	14,6	3,80	41,53	85,0

Як видно з даних таблиці 2, значних перевищень норм ГДК у досліджуваних ґрунтах немає, тому їх можна віднести до середньо- та слабкозабруднених. Значне перевищення вмісту нікелю в ґрунті стрільбища полігону після занять (проба № 5) є локальним, його можна пояснити точковим забруднення електролітом нікелевих акумуляторів.

Особливістю забруднення ґрунтів військових полігонів є те, що відразу після навчань уміст важких металів на стрільбищі збільшується, оскільки збільшується техногенне навантаження на ґрунти. Крім того, місцевість стрільбища пересічена, рослинність здебільшого відсутня, тому міграції важких металів у рослинний покрив фактично немає.

Потрапляючи з ґрунту в рослини, важкі метали інгібують усі ланки метаболізму рослинного організму, що відразу позначається на їхньому рості й розвитку, особливо на початкових етапах. Особливістю рослинних тест-об'єктів є те, що інтенсивність інгібування їх ростових процесів прямо залежить від сумарного забруднення поллютантами, яку оцінюють як фітотоксичність ґрунту.

Токсичність досліджуваних зразків ґрунту оцінювали за пригніченням росту коренів універсального тест-об'єкта цибулі звичайної *Allium cepa L.* Цей тест дає змогу оцінити водорозчинні компоненти досліджуваного ґрунту. Він простий у застосуванні й достатньо чутливий.

Для проведення тесту із досліджуваних ґрунтів було підготовлено ацетатно-амонійні витяжки з рН = 4,5. Як контроль використовували ацетатно-амонійний буферний розчин.

Для аналізу кожної проби ґрунту відбирали по 12 цибулин *Allium cepa L.* діаметром 1,5 см. За стандартною методикою цибулини пророщували спочатку на водопровідній (дистильованій) воді впродовж двох діб, щодоби міняючи воду. Після двох діб пророщування з кожної групи було відкинуто по дві цибулини з найкоротшими корінцями.

Отримані амонійно-ацетатні витяжки досліджуваних ґрунтів вносили до 10 пробірок, у кожену з яких висаджували по одній цибулині таким чином, щоб денце торкалося рідини в пробірці, а корінці були у витяжці. Інкубування тривало 96 годин. Експеримент проводили при кімнатній температурі (20 °С) у приміщенні, захищеному від прямих сонячних променів. Визначали кількість коренів на одній цибулині, довжину всіх коренів та їх середню довжину.

Фітотоксичний ефект визначається у відсотках як співвідношення різниці величини інгібування показників до контрольних показників. Для розрахунку фітотоксичного ефекту використовують морфометричні характеристики рослин: масу надземної частини рослини, довжину й об'єм кореневої системи, проростання та схожість насіння тощо.

Фітотоксичний ефект розраховували за формулою:

$$ФЕ = \frac{M_o - M_x}{M_o} \cdot 100 \%,$$

де ФЕ – фітотоксичний ефект; M_o – морфометричні характеристики рослин у контрольних зразках; M_x – морфометричні характеристики рослин у досліджуваних зразках [8].

Для оцінювання токсичності поверхневих водойм за ростовим тестом біоіндикатора *Allium cepa L.* запропоновано таку шкалу рівнів токсичності (табл. 3).

Таблиця 3

Шкала оцінювання рівнів токсичності ґрунту

Рівень пригнічення ростових процесів, ФЕ, %	Рівень токсичності
0–20	токсичність відсутня або її рівень слабкий
20,1–40	середній
40,1–60	вищий за середній
60,1–80	високий
80,1–100	максимальний

Результати досліджень фітотоксичності ґрунтів на основі інгібування росту корінців універсального тест-об'єкта цибулі звичайної *Allium cepa L.* наведено в таблиці 4.

За даними таблиці 4 можна зробити висновок, що досліджувані ґрунти поблизу полігону та на полігоні мають середній рівень токсичності, що узгоджується з отриманими даними вмісту важких металів у цих ґрунтах. Згідно з результатами дослідження, фітотоксичність ґрунтів під час та після проведення двотижневих навчань зростає і сягає рівня, вищого за середній.

Таблиця 4

Інгібування росту корінців тест-об'єкта цибулі звичайної *Allium cepa L.* на ацетатно-амонійних витяжках ґрунтів військових полігонів

Зразок	Середня довжина корінців, мм	Середньоквадратичне відхилення	Відношення до контролю, %	Фітотоксичний ефект (ФЕ), %
Контроль	13,7	0,72	100	–
Проба № 1	9,63	0,34	70,3	29
Проба № 2	9,54	0,41	69,6	30
Проба № 3	8,95	0,19	65,3	34
Проба № 4	7,89	0,29	57,6	42
Проба № 5	7,54	0,24	55,0	45

Отже, було визначено рівень забруднення ґрунтів військового полігону важкими металами й оцінено їх фітотоксичність за допомогою тест-об'єкта цибулі звичайної *Allium cepa L.* до, під час та після проведення навчань. Установлено зростання рівня забруднення важкими металами та фітотоксичності цих ґрунтів у процесі їх експлуатації. Показано доцільність використання методу фітоіндикації в цих умовах.

Висновки та перспективи подальшого дослідження. За результатами проведених експериментальних досліджень було встановлено, що:

- ґрунти полігону та поблизу населеного пункту Старичі належать до середньо- та слабкозабруднених, що можна пояснити їх розміщенням на території з мінімальним техногенним навантаженням;
- під час навчань техногенне навантаження на ґрунти збільшується, а тому забруднення важкими металами зростає;
- використання тест-об'єкта цибулі звичайної *Allium cepa L.* дає можливість охарактеризувати фітотоксичність ґрунтів полігону та ґрунтів поблизу населеного пункту Старичі до, під час та після проведення навчань як середню та вищу від середньої. Ця методика є досить чутливою, невибагливою і дає змогу її використовувати її в польових умовах.

Отже, проблеми екологічного характеру, пов'язані із забрудненням важкими металами на військових полігонах Збройних сил України під час навчань, можуть бути поступово розв'язані за допомогою комплексного підходу. Тому подальшим напрямом досліджень може бути удосконалення системи екологічного моніторингу територій, на яких розміщені військові об'єкти, та прилеглих до них районів для виявлення закономірностей забруднення їх важкими металами способом біоіндикації.

Джерела та література

1. Андрієвська О. А. Геохімічний огляд розподілу цинку в компонентах техногенних ландшафтів поблизу військових полігонів України / О. А. Андрієвська // Пошукова та екологічна геохімія. – 2009. – № 1 (9). – С. 48–52.
2. Важкі метали у ґрунтах заповідних зон України / Е. Я. Жовинський, І. В. Кураєва, А. І. Самчук [та ін.]. – К. : Логос, 2005. – 104 с.
3. Губачов О. І. Визначення токсичності ґрунтів території в зоні впливу діяльності північного промвузла м. Кременчука / О. І. Губачов, О. І. Мамедов, О. В. Задворний // Наук. вісн. КУЕІТУ. Нові технології. – 2009. – № 4 (26). – С. 179–183.
4. Губачов О. І. Особливості використання рослин для біотестування ґрунтів з метою визначення рівня екологічної безпеки промислових територій / О. І. Губачов // Наук. вісн. КУЕІТУ. Нові технології. – 2010. – № 3 (29). – С. 164–171.
5. Екологічний та гігієнічний огляд зон об'єкта Яворівського загального військового полігону I категорії сухопутних військ збройних сил України / А. К. Маненко, О. К. Степанов, Н. А. Хомяк, Г. М. Ткаченко // Гігієна населених місць. – 2009. – № 54. – С. 40–47.
6. Еколого-гігієнічна оцінка територій військових полігонів / О. Г. Моложанова, І. В. Чеканова, І. Г. Мазор, В. В. Ковалевський // Актуальні питання гігієни та екологічної безпеки України на рубежі століть : зб. тез доп. наук.-практ. конф., присвяч. пам'яті О. М. Марзєєва. – К. : [б. в.], 1999. – Вип. 2.

7. Лисенко А. І. Підходи щодо оцінки техногенного навантаження на екосистеми військових полігонів Збройних сил України / А. І. Лисенко, І. В. Чеканова // 36. наук. пр. Центру воєнно-стратег. дослідж. Нац. ун-ту оборони України. – 2009. – № 1 (39). – С. 69–75.
8. Обстеження та районування територій за ступенем впливу антропогенних чинників на стан об'єктів довкілля з використанням цитогенетичних методів : метод. рек. / А. І. Горова, С. А. Риженко, Т. В. Скворцова та ін. ; відп. ред. : А. М. Пономаренко, С. А. Омельчук. – К. : [б. в.], 2007. – 36 с.
9. Проблеми реабілітації ґрунтово-земельних ресурсів Житомирської області, забруднених унаслідок військової діяльності / П. П. Надточій, Ю. А. Білявський, Т. М. Мислина, Ю. Б. Шмагала // Вісн. ЖНАЕУ. Загальна екологія та агроекологія. – 2009. – № 2. – С. 3–31.
10. Тонха О. Л. Моніторинг важких металів у системі ґрунт–рослина–тварина в залежності від обробітку ґрунту / О. Л. Тонха, В. М. Галімова // Наук. вісн. Нац. аграр. ун-ту. – 2005. – № 1. – С. 200–206.
11. Фелленберг Г. Загрязнение природной среды. Введение в экологическую химию : учеб. изд. / Г. Фелленберг ; пер. с нем. А. В. Очкина ; под ред. К. Б. Заборенко. – М. : Мир, 1997. – 232 с.
12. Фітотестування як експрес-метод оцінки токсичності нафтозабруднених ґрунтів / М. Горон, Н. Джура, О. Романюк [та ін.] // Вісн. Львів. ун-ту. Сер. біологічна. – 2012. – Вип. 58. – С. 185–192.

Стадничук Елена. Биоиндикационное оценивание токсичности почв в зоне влияния военной деятельности. Исследованы возможности использования методов биотестирования для оценивания фитотоксичности загрязнения тяжелыми металлами почв в зоне влияния военной деятельности. Приведены результаты биоиндикационного оценивания фитотоксичного эффекта с использованием тест-объектов *Allium cepa L.* (лук обыкновенный).

Ключові слова: биоиндикация, фитотоксический эффект, почва, тяжелые металлы, тестирование, тест-объект, *Allium cepa L.*, военные объекты.

Stadnichuk Olena. Bioindicative Evaluation of the Soil Toxicity the Military Activities. The possibility to assess the phytotoxicity of heavy metal contamination of soil in the zone of military operations using biological testing methods was investigated. The results of the bioindicative phytotoxic effect evaluation with test objects *Allium cepa L.* (onions) was shown.

Key words: bioindication, phytotoxic effect, soil, heavy metals, testing, the test object, *Allium cepa L.*, military objects.

Академія сухопутних військ
імені гетьмана Петра Сагайдачного

Стаття надійшла до редколегії
20.04.2013 р.