

4. A. M. S. Elshamly, R. Iqbal, B. Ali, I. Ahmed, M. I. Akram, S. Ali, A. Ditta, F. Çığ, M. S. Elshikh, A. E.-Z. M. A. Mustafa, M. H. Hamed, Rhizosphere, 2024, 29, 100820.
5. M. R. Rafie, H. N. Badi, A. Mehrafarin, A. Qaderi, N. Zarinpanjeh, A. Sekara, E. Zand. Scientia Hort., 2017, 216, 160–168.
6. A. U. Jan, F. Hadi, A. Ditta, M. Suleman, M. Ullah, Environ. Exp. Bot., 2022, 193, 104682.
7. M. Solanki, J. Microbiol. Biotechnol. Food Sci., 2021, 11.
8. Z. Karimian, L. Samiei, Front. Plant Sci., 2023, 14, 1063618.
9. C. Kaya, D. Higgs. Scientia Hort., 2002, 93, 53–64.
10. S. Zabihzadeh, C. Ionescu, S. Biselli, A. Blanchard, O. Sereda, Results in Chem., 2024, 7, 101457.

ОЦІНКА ВМІСТУ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У ҐРУНТАХ ТЕРИТОРІЙ ВІЙСЬКОВИХ НАВЧАЛЬНИХ ЧЕРКАСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Юлія Шафорост, Олег Погребняк, Олександр Шевченко

Черкаський національний університет

імені Богдана Хмельницького

e-mail: ZdorYulia@ukr.net

Військові конфлікти та навчання супроводжуються значним антропогенним навантаженням на природні екосистеми [1, 2]. Одним із найбільш уразливих компонентів довкілля є ґрунтовий покрив, який зазнає механічного руйнування та хімічного забруднення внаслідок вибухів боєприпасів, використання військової техніки та накопичення продуктів згорання вибухових речовин. Особливої актуальності проблема набула в умовах російсько-української війни, коли значні площі земель піддаються впливу військово-техногенних чинників.

Метою дослідження була оцінка рівня забруднення ґрунтів території військового полігону Черкаської області важкими металами та визначення окремих агрохімічних показників ґрунту.

Відбір проб ґрунту проводили навесні 2023 року на території військового об'єкта в Черкаській області. Зразки відбирали у вирвах від вибухів мін калібру 82 та 120 мм, на периферії вирв, а також на ділянці полігону поза зоною активних військових навчань. Вміст важких металів визначали методом атомно-емісійної спектроскопії з індуктивно зв'язаною плазмою, а елементний склад ґрунтів досліджували методом рентгенофлуоресцентного аналізу. Аналіз ґрунту на вміст шкідливих речовин та важких металів є невід'ємною частиною оцінки якості ґрунту та вивчення його аграрних можливостей. Значний вплив на хімічний склад ґрунтів здійснює антропогенна діяльність, пов'язана з розвитком промисловості, транспорту та накопиченням відходів.

Автори [3] зазначають, що негативний вплив на навколишнє середовище не обмежується лише утворенням значних обсягів сміття та відходів. Він також пов'язаний із викидами небезпечних речовин, зокрема азбесту, промислових хімікатів і паливних матеріалів, які потрапляють у ґрунт, водні об'єкти та атмосферне повітря, спричиняючи їх забруднення і токсичний вплив на екосистеми. У зв'язку з цим важливого значення набувають сучасні методи контролю екологічного стану ґрунтів. Одним із таких методів є рентгенофлуоресцентний елементний аналіз, який зарекомендував себе як ефективний і надійний інструмент для визначення вмісту важких металів. Метод забезпечує отримання

повної та достовірної інформації про елементний склад речовин незалежно від їх походження та агрегатного стану за відносно короткий час.

Результати дослідження показали, що перевищення гранично допустимих концентрацій міді, свинцю, цинку та марганцю у досліджених зразках не виявлено. Водночас максимальний вміст свинцю у зразках із місць вибухів досягав 5,9 мг/кг, що наближається до встановленої гранично допустимої концентрації та потребує подальшого моніторингу. Найвищий вміст марганцю становив 20,1 мг/кг у ґрунті поблизу вибухових виврв, тоді як на контрольній ділянці цей показник був нижчим.

Рентгенофлуоресцентний аналіз засвідчив підвищений вміст заліза, що може бути пов'язано із залишками металевих елементів боєприпасів та продуктами їх руйнування (рис.). Також у ґрунтах виявлено кремній, кальцій, калій, титан, ванадій та інші елементи. Зокрема, сплави на основі титану з добавками ванадію застосовуються в авіаційній і ракетній техніці.

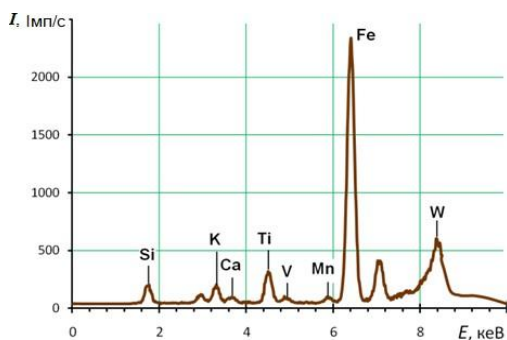


Рис. Спектр рентгенівської флуоресценції ґрунту (зразок № 2)

Встановлено, що ґрунти в місцях проведення військових навчань мають кислу реакцію середовища (рН 3,8–4,2), тоді як на контрольній ділянці значення рН становило 6,2. Крім того, досліджені зразки характеризувалися низьким вмістом доступних форм азоту, калію, сірки та бору, що свідчить про погіршення показників родючості ґрунту (табл.).

Таблиця

Фізико-хімічні властивості ґрунту військового полігону

Досліджувані зразки	рН	Рухомі форми, мг/кг ґрунту				
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	B	S
Зразок № 1	4,1	63,5	68,5	41	0,059	< 1,5
Зразок № 2	4,2	64,5	69,8	41	0,058	< 1,5
Зразок № 3	4,0	45	48	52	0,058	< 1,5
Зразок № 4	3,8	47	51	51	0,057	< 1,5
Зразок № 4	6,2	64	70,1	57	0,060	< 1,5

Аналіз рухомих форм поживних елементів показав зниження вмісту азоту, калію, сірки та бору в ґрунтах зон військових навчань порівняно з контрольною ділянкою. Такі зміни можуть бути наслідком впливу вибухових речовин та свідчать про погіршення агрохімічних показників і зниження потенційної родючості ґрунтів.

Отримані результати свідчать про наявність помірного військово-техногенного навантаження на ґрунти полігону. Незважаючи на відсутність перевищення нормативів за більшістю важких металів, зміни кислотності та зниження вмісту поживних елементів можуть негативно впливати на екологічний стан території та процеси природного відновлення ґрунтового покриву. Подальший моніторинг таких територій є необхідною умовою забезпечення екологічної безпеки та розроблення заходів щодо рекультивації земель.

Список використаних джерел

1. Skalny A. V., Aschner M., Bobrovitsky I. P., Chen P., Tsatsakis A., Paoliello M. M., Djordjevic A. B., Tinkov A. A. (2021). Environmental and health hazards of military metal pollution. *Environmental Research*, 201. 111568. doi: 10.1016/j.envres.2021.111568.
2. McNutt M., Hildebrand J. (2022). Scientists in the line of fire. *Science*, 375(6585). 1071. doi:10.1126/science.abp8817.
3. Shaforost Yu. A., Galagan R. L., Korol Ya. D., Lut, O. A. (2022). Basics of waste-free processing of sludge waste from «Cherkasy Khimvolokno» chemical plant. *Voprosy Khimii i Khimicheskoi Tekhnologii*, № 6, 108-114. doi: 10.32434/0321-4095-2022-145-6-108-114.

БІОІНДИКАЦІЙНА ОЦІНКА ФІТОТОКСИЧНОСТІ ҐРУНТІВ ТЕРИТОРІЙ ВІЙСЬКОВИХ НАВЧАНЬ ЧЕРКАСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Вероніка Шкута, Юлія Шафорост

Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького
e-mail: ZdorYulia@ukr.net

Військова діяльність належить до чинників антропогенного впливу, що можуть спричинити порушення фізико-хімічних властивостей ґрунтів та накопичення в них продуктів руйнування боєприпасів, важких металів і залишків вибухових речовин. В умовах російсько-української війни проблема оцінювання екологічного стану територій, які зазнають військово-техногенного навантаження, набуває особливої актуальності. Важливим аспектом таких досліджень є не лише визначення концентрацій забруднювачів у ґрунті, а й оцінювання їхнього сумарного біологічного впливу на живі організми.

Одним із ефективних підходів до оцінювання екологічного стану ґрунтів є біотестування з використанням рослинних тест-об'єктів [1, 2]. Метод дозволяє встановити інтегральний вплив комплексу забруднювачів на ріст і розвиток рослин та врахувати можливі синергічні ефекти між окремими компонентами забруднення [3]. Як тест-об'єкт у дослідженні використано цибулю городню (*Allium cepa* L.), яка характеризується високою чутливістю до змін якості ґрунтового середовища та широко застосовується в екоотоксикологічних дослідженнях.

Метою роботи було оцінити фітотоксичність ґрунтів із територій військових навчань Черкаської області за допомогою біоіндикаційного тесту з використанням цибулі городньої *Allium cepa* L. та встановити можливий зв'язок між токсичністю ґрунту і вмістом важких металів.

Для дослідження використовували зразки ґрунту, відібрані на території військового полігону Черкаської області в місцях проведення навчань, а також на контрольній ділянці поза зоною активного військового впливу. Попередні хімічні дослідження показали