

УДК 628.472.3; 628.516

О. В. Березюк, д-р техн. наук, доц.; У. І. Недільська, канд. с.-г. наук, доц.;
О. В. Войцехівська, канд. біол. наук, доц.; Є. М. Бережняк, канд. с.-г. наук, доц.;
В. В. Соломон, канд. вет. наук, доц.; Л. І. Кучер, канд. с.-г. наук, доц.

ВИЗНАЧЕННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ КОНЦЕНТРАЦІЇ СВИНЦЮ В ҐРУНТАХ ПРИ ВІДДАЛЕННІ ВІД МІСЦЯ ЗАХОРОНЕННЯ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ В С. ТІШНЕ ЗАКАРПАТСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Останніми роками на території України значно зросла сумарна площа полігонів твердих побутових відходів та сміттєзвалищ, в тому числі й перевантажених, які порушують норми екологічної безпеки та є об'єктами інтенсивного екологічного навантаження. Це загрожує забрудненню навколишнього природного середовища хімічними речовинами, спричиняючи хімічне забруднення ґрунтів, в тому числі й сільськогосподарського призначення, зокрема свинцем. Метою дослідження є визначення регресійної залежності концентрації свинцю в ґрунтах від відстані до полігону твердих побутових відходів с. Тішне Закарпатської області, що є актуальною науково-технічною задачею. Під час проведення дослідження використано метод регресійного аналізу результатів однофакторних експериментів та інших парних залежностей із вибором раціонального виду функції із шістнадцяти найпоширеніших варіантів за критерієм максимального значення коефіцієнта кореляції. Регресія проводилась на основі лінеаризувальних перетворень, які дозволяють звести нелінійну залежність до лінійної. Визначення коефіцієнтів рівнянь регресії здійснювалась методом найменших квадратів за допомогою розробленої комп'ютерної програми "RegAnaliz", яка захищена свідоцтвом про реєстрацію авторського права на твір. Отримано адекватну регресійну степенєво-логіарифмічну залежність концентрації свинцю в ґрунтах від відстані до полігону твердих побутових відходів с. Тішне Закарпатської області, яку можна застосувати для визначення рівня та розмірів зони хімічного забруднення ґрунтів свинцем. Побудовано графічну інтерпретацію залежності концентрації свинцю в ґрунтах від відстані до полігону твердих побутових відходів, яка дозволяє наочно проілюструвати цю залежність та показати збіжність теоретичних результатів з фактичними на рівні 0,98796. Визначено, що відстань від полігону твердих побутових відходів с. Тішне Закарпатської області, на якій забруднення ґрунту свинцем не перевищує фоновий рівень (межа зони слабого забруднення), складає 135 м.

Ключові слова: полігон, сміттєзвалище, тверді побутові відходи, хімічне забруднення, концентрація, свинець, ґрунт, регресійний аналіз.

Вступ

Значний негативний довготривалий вплив на стан охорони здоров'я людини та навколишнього природного середовища становлять тверді побутові відходи (ТПВ) [1, 2], які являють собою гетерогенну багатокомпонентну суміш складного морфологічного складу, на відміну від будівельних [3, 4] чи промислових [5] відходів, які є переважно гомогенними та порівняно легко підлягають переробці. Щорічний обсяг утворення ТПВ на теренах України складає більше ніж 54 млн. м³, основна частина яких, станом на початок 2022 р., захоронюється на 5969 полігонах та сміттєзвалищах, які займають площу 8816 га та лише частково переробляються або утилізуються на сміттєспалювальних заводах, на відміну від високорозвинутих країн ЄС, відомих широким застосуванням сучасних технологій переробки та утилізації ТПВ [6]. Лише за період 1999 - 2014 рр. втричі збільшилась сумарна площа українських полігонів та сміттєзвалищ. Майже в два рази зросла площа перевантажених та більше ніж в три рази тих полігонів і сміттєзвалищ, які порушують норми екологічної безпеки, загрожуючи забрудненню навколишнього природного середовища (повітря, води та ґрунтів). Зокрема хімічним забруднення ґрунтів важкими металами, таких як свинець, що спричиняє захворювання живих організмів [7 – 9], забруднення прилеглих земельних наділів [10], в тому числі й сільськогосподарського призначення. Тому з метою

запобігання зростанню темпів зростання площ полігонів і сміттєзвалищ та їхнього негативного впливу на навколишнє природне середовище сміттєвози під час завантаження виконують технологічну операцію ущільнення ТПВ в своєму кузові [11, 12]. Подрібнення та зневоднення ТПВ [13] також сприятимуть зменшенню темпів зростання площ полігонів і сміттєзвалищ.

Постановка проблеми

Згідно із положеннями Постанови Кабінету Міністрів України № 265 серед пріоритетних напрямів поводження з ТПВ в Україні є забезпечення організації контролю за наявними та закритими полігонами ТПВ для запобігання шкідливому впливу на навколишнє природне середовище та здоров'я людини [14]. Тому визначення регресійної залежності концентрації свинцю в ґрунтах від відстані до полігону твердих побутових відходів с. Тішне Закарпатської області, яка може бути використана для визначення рівня та розмірів зони хімічного забруднення ґрунтів свинцем, є актуальною науково-технічною задачею.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Прогнозування об'ємів утворення ТПВ та площ полігонів і сміттєзвалищ в Україні побудованими математичними моделями запропоновано в статті [15], які дозволили встановити, що загальна площа полігонів та сміттєзвалищ, а також тих, що не відповідають нормам екобезпеки збільшується з часом приблизно за експоненціальною закономірністю, а площа перевантажених полігонів та сміттєзвалищ, як тих, що відповідають, так і тих, що не відповідають нормам екобезпеки зростає щорічно майже лінійно. З метою зменшення темпів зростання площ полігонів виконується технологічна операція ущільнення ТПВ під час завантаження у кузов сміттєвоза [11, 12]. Високий коефіцієнт ущільнення ТПВ сприяє більш ефективному використанню площі полігона захоронення [16, 17].

У дослідженні [18] встановлено вплив збільшення концентрації важких металів на зменшення врожайності рослин сільськогосподарського призначення завдяки властивостям важких металів сповільняти розвиток вегетативних та репродуктивних функцій рослин. В роботі [19] досліджено накопичення свинцю в різних частинах рослини пшениці залежно від інтенсивності забруднення ґрунту. Забруднення важкими металами ґрунтів через захоронення ТПВ досліджено в роботах [20 - 23]. В статті [24] наведені дані щодо впливу на мікробіоценоз дерново-слабопідзолистого ґрунту важких металів.

В роботі [25] проведено огляд найбільш поширених методів ремедіації важких металів в ґрунті. В матеріалах статті [26] наведено дані щодо питомих затрат електроенергії на зменшення концентрацій таких важких металів, як кадмій, свинець та цинк, в ґрунті полігонів ТПВ методом електрохімічної ремедіації. Цей метод оснований на використанні електричного струму для виділення відповідних забруднюючих речовин. Цим методом можна відновлювати ґрунти безпосередньо на поверхні землі без їх відбору у спеціальні ємності, що робить процес менш енергоємним. В статті [27] визначено регресійну залежність питомих енерговитрат очищення ґрунтів полігонів ТПВ через забруднення такими важкими металами, як кадмій, свинець та цинк, від їхніх фактичних та граничнодопустимих концентрацій. В роботі [28] запропонована удосконалена математична модель питомих енерговитрат очищення ґрунтів полігонів ТПВ через забруднення важкими металами від концентрацій кобальту, міді, нікелю, хрому, ванадію та марганцю, що дозволяють оцінити енерговитрати очищення забруднених ґрунтів від цих шкідливих речовин.

У статті [29] акцентується увага на тому, що традиційно міське середовище вирішує проблему накопичення відходів за рахунок сільських територій, внаслідок чого виникає проблема їхнього забруднення через погіршення якості ґрунтів, води, повітря, а також встановлено, що полігон ТПВ може бути причиною погіршення якості питних вод та санітарно-гігієнічного стану ґрунтів на прилеглих сільськогосподарських територіях. В

матеріалах роботи [30] визначено адекватну регресійну степеневу залежність концентрації нафтопродуктів в ґрунтах від відстані до полігонів твердих побутових відходів, яку застосовано для визначення безпечної відстані розміщення полігонів ТПВ від земель сільськогосподарського призначення за показником рівня хімічного забруднення нафтопродуктами ґрунтів.

В статті [31] зазначено, що забруднення свинцем ґрунтів виникають як наслідок виробництва свинцевих акумуляторних батарей, утворення, накопичення та переробки їхніх відходів, а також при використанні в якості моторного мастила етилованого бензину. В роботі [32] зазначено, що переважна кількість водорозчинних сполук свинцю при надходженні в ґрунт закріплюються у ньому і переходять у нерозчинний стан.

У матеріалах статті [33] проведено дослідження хімічного складу ґрунтів території полігону ТПВ с. Тішне Міжгірського району Закарпатської області, зокрема наведено рівень забрудненості свинцем на різних відстанях від полігону.

В статті [34] наведена хімічна характеристика ґрунтів території полігону ТПВ с. Сенча Лохвицького району Полтавської області, зокрема рівень забрудненості свинцем на різних відстанях від полігону. На основі чого в роботі [35] запропоновано степеневу залежність концентрації свинцю в ґрунтах від відстані до цього полігону. Дослідження вмісту свинцю в чорноземі звичайному, залежно від відстані джерела забруднення показали, що свинець активно мігрує за межі забруднення [36]. Однак конкретних математичних моделей перерозподілу вмісту свинцю в ґрунтах залежно від відстані до полігону твердих побутових відходів с. Тішне Закарпатської області, в результаті аналізу відомих публікацій, авторами не виявлено.

Мета і завдання статті

Метою цієї статті є визначення регресійної залежності концентрації свинцю в ґрунтах від відстані до полігону твердих побутових відходів с. Тішне Закарпатської області, що може бути використано для визначення рівня та розмірів зони хімічного забруднення ґрунтів свинцем.

Методи і матеріали

Під час визначення регресійної залежності концентрації свинцю в ґрунтах від відстані до полігону ТПВ використано такі методи: аналіз літературних джерел, регресійний аналіз результатів однофакторних експериментів та інших парних залежностей, комп'ютерне моделювання.

Результати досліджень

У таблиці 1 наведені концентрації свинцю в ґрунтах полігону ТПВ с. Тішне Міжгірського району Закарпатської області, отримані за допомогою атомно-абсорбційного методу [33]. На основі даних таблиці 1 планувалось отримати парну регресійну залежність концентрації свинцю в ґрунтах від відстані до цього полігону ТПВ. Оскільки аргументом регресійної залежності є відстань від полігону, яка змінюється в широких межах (0...5500 м), то з метою підвищення точності регресійної залежності пропонується як аргумент функції використати десятковий логарифм відстань від полігону $\lg(x)$.

Регресія проводилась на основі лінеаризувальних перетворень, що дозволяють звести нелінійну залежність до лінійної. Визначення коефіцієнтів рівнянь регресії здійснювалась методом найменших квадратів [37] за допомогою розробленої комп'ютерної програми "RegAnaliz" [38], яка захищена свідоцтвом про реєстрацію авторського права на твір, і детально описана в роботі [39].

Таблиця 1

Концентрації свинцю в ґрунтах полігону ТПВ с. Тішне Закарпатської області [33]

Відстань від полігону, ТПВ, м	0	100	200	500	5500
Концентрація свинцю в ґрунті, мг/кг	2,3	1,4	1,2	1,1	1,0

Програма "RegAnaliz" дозволяє проводити регресійний аналіз результатів однофакторних експериментів та інших парних залежностей із вибором раціонального виду функції із 16-ти найпоширеніших варіантів за критерієм максимального значення коефіцієнта кореляції зі збереженням результатів в форматі MS Excel та Вітмар.

Результати регресійного аналізу наведені в таблиці 2, де сірим кольором позначено комірку з максимальним значенням коефіцієнта кореляції R.

Таблиця 2

Результати регресійного аналізу залежності концентрації свинцю в ґрунтах від відстані до полігону ТПВ с. Тішне Закарпатської області

№	Вид регресії	Коефіцієнт кореляції R	№	Вид регресії	Коефіцієнт кореляції R
1	$y = a + bx$	0,96311	9	$y = ax^b$	0,94324
2	$y = 1 / (a + bx)$	0,98573	10	$y = a + b \cdot \lg x$	0,97160
3	$y = a + b / x$	0,95941	11	$y = a + b \cdot \ln x$	0,97160
4	$y = x / (a + bx)$	0,98365	12	$y = a / (b + x)$	0,98573
5	$y = ab^x$	0,97878	13	$y = ax / (b + x)$	0,87791
6	$y = ae^{bx}$	0,97878	14	$y = ae^{b/x}$	0,92613
7	$y = a \cdot 10^{bx}$	0,97878	15	$y = a \cdot 10^{b/x}$	0,92613
8	$y = 1 / (a + be^{-x})$	0,92095	16	$y = a + bx^n$	0,98796

Отже, за результатами регресійного аналізу на основі даних таблиці 1, як найбільш адекватну остаточно прийнято таку регресійну залежність

$$C_{Pb} = 2,268 - 0,5463 \lg^{0,7} x \text{ [мг/кг]}, \tag{1}$$

де C_{Pb} – концентрація свинцю в ґрунті, мг/кг; x – відстань до полігону ТПВ, м.

На рис. 1 показані фактичну та теоретичну графічну залежність концентрації свинцю в ґрунтах від відстані до полігону ТПВ с. Тішне Закарпатської області.

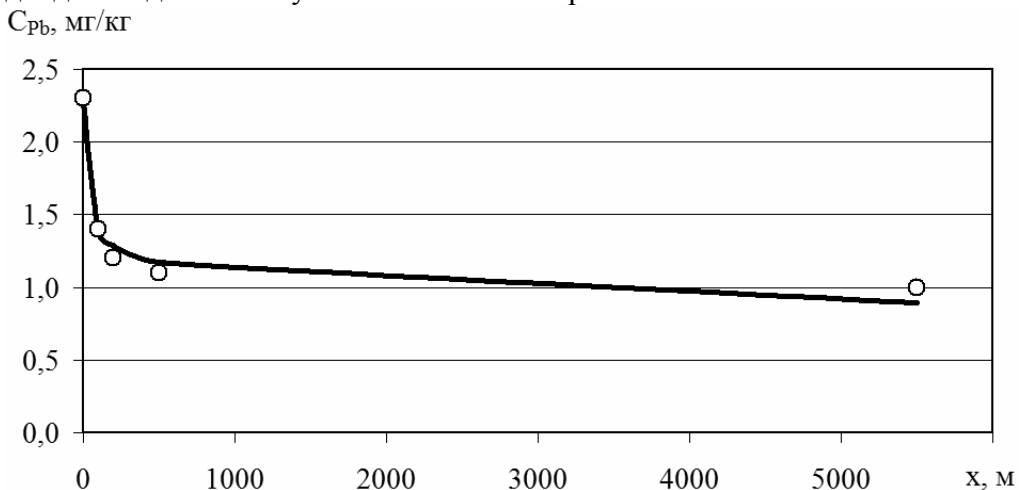


Рис. 1. Зміна концентрації свинцю в ґрунтах від відстані до полігону ТПВ с. Тішне Закарпатської області

Порівняння фактичних та теоретичних даних показало, що теоретичні концентрації свинцю в ґрунтах від відстані до полігону ТПВ, розраховані за допомогою рівняння регресії (1), несуттєво відрізняються від даних, наведених в роботі [33], що підтверджує визначену раніше точність отриманої залежності на рівні 0,98796.

Відомо, що ГДК свинцю в ґрунті складає $ГДК = 32$ мг/кг, і це значення вище рівнів забруднення, визначених в роботі [33]. Тому доцільно визначити межу зони слабого забруднення, в якій концентрація свинцю в ґрунті не перевищує ГДК, але є вищою за природний фоновий рівень. Після підстановки значення фонові концентрації свинцю в ґрунті Закарпатської області $C_{\phi} = 1,34$ мг/кг [40] у рівняння регресії (1), визначимо відстань від полігону ТПВ с. Тішне, на якій забруднення ґрунту свинцем не перевищує фоновий рівень, тобто межу зони слабого забруднення

$$x = 10^{\left(\frac{2,268 - C_{pb}}{0,5463}\right)^{\frac{1}{0,7}}} = 10^{\left(\frac{2,268 - 1,34}{0,5463}\right)^{\frac{1}{0,7}}} \approx 135 \text{ (м)}.$$

Висновки

1. Отримано адекватну регресійну залежність концентрації свинцю в ґрунтах від відстані до полігону твердих побутових відходів с. Тішне Закарпатської області, що застосовано для визначення рівня та розмірів зони хімічного забруднення ґрунтів свинцем.
2. Побудовано графічну зміну концентрації свинцю в ґрунтах від відстані до полігону твердих побутових відходів, яка дозволяє наглядно проілюструвати дану регресійну залежність та показати збіжність теоретичних результатів з фактичними на рівні 0,98796.
3. Встановлено, що концентрація свинцю в ґрунтах зі збільшенням від відстані до дослідженого полігону твердих побутових відходів спадає за степеневно-логарифмічною залежністю.
4. Визначено, що відстань від полігону ТПВ с. Тішне Закарпатської області, на якій забруднення ґрунту свинцем не перевищує фоновий рівень (межа зони слабого забруднення), складає 135 м.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Hamer G. Solid waste treatment and disposal : effects on public health and environmental safety / G. Hamer // *Biotechnology advances*. – 2003. – Vol. 22, № 1-2. – P. 71 – 79. – <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2003.08.007>.
2. Сагдеева О. А. Оцінка рівня екологічної небезпеки звалищ твердих муніципальних відходів / О. А. Сагдеева, Г. В. Крусір, А. Л. Цикало // *Екологічна безпека*. – 2018. – № 1. – С. 75 – 83.
3. Лемешев М. С. Будівельні виробы з використанням промислових відходів Вінниччини / М. С. Лемешев // *Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури*. – 2017. – № 41. – С. 123 – 127.
4. Ковальський В. П. Шламосолокарбонатий прес-бетон на основі відходів промисловості / В. П. Ковальський, А. В. Бондарь // *Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я XXIV міжнар. наук.-практ. конф.* – Харків, 2015. – С. 209.
5. Синюк О. М. Наукові основи проектування обладнання для переробки полімерних відходів у виробі легкої промисловості : дис. ... доктора техн. наук : 05.05.10 / Синюк Олег Миколайович. – Хмельницький, 2018. – 485 с.
6. Мороз О. В. Економічні аспекти вирішення екологічних проблем утилізації твердих побутових відходів : монографія / О. В. Мороз, А. О. Свентух, О. Т. Свентух. – Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2003. – 110 с.
7. Шевчук Т. І. Антропогенна зміна довкілля як фактор поширення паразитарних захворювань людини / Т. І. Шевчук, В. М. Шкарупа, С. С. Хлестова // *Довкілля і здоров'я : Матеріали наук.-практ. конф.*, Тернопіль, 27-28 квіт. 2017 р. – Тернопіль, 2017. – С. 220 – 222.
8. Піскун Р. П. Функціональна морфологія головного мозку при атеросклерозі в експерименті та під впливом вінпоцетину / Р. П. Піскун, С. М. Горбатюк // *Таврійський медико-біологічний вісник*. – 2006. – Т. 9. – № 3. – С. 100 – 113.
9. Чорна В. В. Показники захворюваності і поширеності та сучасні погляди на профілактику хвороб / В. В. Чорна, С. С. Хлестова, Н. І. Гуменюк // *Вісник Вінницького національного медичного університету*. – 2020. – Т. 24, № 1. – С. 158 – 164.
10. Березюк О. В. Моделювання динаміки санітарно-бактеріологічного складу твердих побутових відходів під час літнього компостування / О. В. Березюк, С. М. Горбатюк, Л. Л. Березюк // *Вісник Вінницького політехнічного інституту*. – 2013. – № 4. – С. 17 – 20.
11. Березюк О. В. Планування багатofакторного експерименту для дослідження вібраційного гідроприводу ущільнення твердих побутових відходів / О. В. Березюк // *Вібрації в техніці та технологіях*. – 2009. – № 3 (55). – С. 92 – 97.

12. Березюк О. В. Вплив основних параметрів вібраційного гідроприводу на показники вібрації в процесі ущільнення твердих побутових відходів / О. В. Березюк // *Механіка і фізика руйнування будівельних матеріалів та конструкцій: Збірник наукових праць*. – Львів: Каменяр, 2009. – № 8. – С. 380 – 387.
13. Березюк О. В. Експериментальне дослідження процесу подрібнення твердих побутових відходів під час зневоднення шнековим пресом / О. В. Березюк // *Вісник Вінницького політехнічного інституту*. – 2019. – № 5. – С. 75 – 80. – <https://doi.org/10.31649/1997-9266-2019-146-5-75-80>.
14. Кабінет Міністрів України. Постанова № 265 “Про затвердження Програми поводження з твердими побутовими відходами” [Електронний ресурс] 4 березня 2004. Режим доступу: <http://zakon1.rada.gov.ua/laws/show/265-2004-%D0%BF>.
15. Березюк О. В. Математичне моделювання прогнозування об’ємів утворення твердих побутових відходів та площ полігонів і сміттєзвалищ в Україні / О. В. Березюк // *Сучасні технології, матеріали і конструкції у будівництві: Науково-технічний збірник*. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2009. – № 2. – С. 88 – 91.
16. Попович В. В. Ефективність експлуатації сміттєвозів у середовищі "місто-сміттєзвалище" / В. В. Попович, О. В. Придатко, М. І. Сичевський // *Науковий вісник НЛТУ України*. – 2017. – Т. 27, № 10. – С. 111 – 116.
17. Березюк О. В. Числове дослідження удосконаленої математичної моделі вібраційного гідроприводу ущільнення ТПВ у сміттєвозі на основі використання інформаційних технологій / О. В. Березюк // *Сучасні комп’ютерні системи та мережі в управлінні: Матеріали II Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції студентів, аспірантів та молодих вчених*. – Херсон: ФОП Вишемирський В. С., 2019. – С. 290 – 293.
18. Rauta C. Some aspects of soil pollution research in Romania / C. Rauta, S. Carstea // *Transaction of 13 Congress of Intern. Soc. Soil*. – 1986. – № 2. – P. 376 – 377.
19. Войцехівська О. В. Накопичення свинцю в різних частинах рослини пшениці залежно від інтенсивності забруднення / О. В. Войцехівська, В. І. Войцехівський // *Наукові основи створення інноваційної продукції: Матеріали міжнародної науково-практичної конференції, 28 березня 2017 р., сел. Селекційне Харківської обл.* – Інститут овочівництва і баштанництва НААН: Пляяда, 2017. – С. 20 – 24.
20. Heavy metal distribution in soil and plant in municipal solid waste compost amended plots / F. Ayari, H. Hamdi, N. Jedidi [et al.] // *Int. J. Environ. Sci. Tech*. – 2010. – № 7 (3). – P. 465 – 472.
21. Impact Assessment of Contamination Pattern of Solid Waste Dumpsites Soil: A Comparative Study of Bauchi Metropolis / D. S. Buteh, I. Y. Chindo, E. O. Ekanem [et al.] // *World Journal of Analytical Chemistry*. – 2013. – Vol. 1, № 4. – P. 59 – 62.
22. Chao Su. A review on heavy metal contamination in the soil worldwide: Situation, impact and remediation techniques / Chao Su, LiQin Jiang, WenJun Zhang // *Environmental Skeptics and Critics*. – 2014. – № 3 (2). – P. 24 - 38.
23. Tripathi A. A study of physico-chemical properties and heavy metals in contaminated soils of municipal waste dumpsites at Allahabad India / A. Tripathi, D. R. Misra // *International Journal Of Environmental Sciences*. – 2012. – Vol. 2, № 4. – P. 1 – 10.
24. Гринчишин Н. М. Вплив важких металів на мікробоценоз дерново-слабопідзолистого ґрунту / Н. М. Гринчишин, Т. М. Лозовицька // *Науковий вісник ЛНУВМБТ імені С. З. Гжицького*. – Т. 11, № 2 (41), Ч. 4. – 2009. – С. 54 – 57.
25. Nanda S. Remediation of heavy metal contaminated soil / S. Nanda, J. Abraham // *African Journal of Biotechnology*. – 2013. – Vol. 12 (21). – P. 3099 – 3109.
26. Mishchuk N. A. Hydrodynamic method for regulating ph during electrical purification of natural disperse systems from heavy metals / N. A. Mishchuk, L. L. Lysenko // *Colloid Journal*. – 2009. – Vol. 71, № 1. – P. 88 – 96.
27. Березюк О. В. Моделювання питомих енерговитрат очищення ґрунтів полігонів твердих побутових відходів від забруднення важкими металами / О. В. Березюк // *Комунальне господарство міст. Серія: безпека життєдіяльності людини – освіта, наука, практика*. – 2015. – № 1 (120). – С. 240 – 242.
28. Березюк О. В. Удосконалення математичної моделі питомих енерговитрат очищення ґрунтів полігонів твердих побутових відходів від забруднення важкими металами / О. В. Березюк // *Екологічна безпека як основа сталого розвитку суспільства. Європейський досвід і перспективи : II міжнар. наук.-практ. конф. : матеріали конф.* – Львів : ЛДУ БЖД, 2015. – С. 185 – 187.
29. Макаренко Н. А. Вплив полігонів твердих побутових відходів на прилеглі сільські території / Н. А. Макаренко, О. О. Будак // *Таврійський науковий вісник*. – 2015. – № 93. – С. 227 – 233.
30. Регресійний аналіз концентрації нафтопродуктів в ґрунтах полігонів твердих побутових відходів / О. В. Березюк // *Наукові праці Вінницького національного технічного університету*. – 2022. – № 3. – Режим доступу до журналу : <https://praci.vntu.edu.ua/index.php/praci/article/view/658/622>.
31. Агапова В. Т. Оцінка ризиків для здоров’я населення внаслідок емісії свинцю від антропогенних джерел / В. Т. Агапова, О. В. Золотко // *Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту*. – 2012. – № 42. – С. 29 – 34.
32. Шолохова А. С. Забруднення ґрунтів геоекосистеми Тульчинського полігону ТПВ та перспективи їх ремедіації / А. С. Шолохова, В. П. Михайленко // *Екологія. Людина. Суспільство: Матеріали XX Міжнародної науково-практичної конференції, 23 травня 2019 р., м. Київ*. – Київ, 2019. – С. 87 – 88.

33. Вплив сміттєзвалищ на показники захворюваності сільського населення та поширеності серед нього хвороб / С. В. Делеган-Кокайко, Г. О. Слабкий, В. В. Лук'янова [та ін.] // Екологічна безпека та природокористування. – 2020. – № 2 (34). – С. 43 – 52.
34. Типологізація техногенно порушених земель, які знаходяться під звалищами твердих побутових відходів, з урахуванням локальних особливостей / П. В. Писаренко, М. С. Самойлік, М. А. Галицька [та ін.] // Аграрні інновації. – 2022. – № 13. – С. 113 – 120.
35. Регресійний аналіз концентрації свинцю в ґрунтах на відстані від полігонів твердих побутових відходів / О. В. Березюк, М. С. Лемешев, І. Н. Дудар // Наукові праці Вінницького національного технічного університету. – 2022. – № 4. – Режим доступу до журналу: <https://praci.vntu.edu.ua/index.php/praci/article/view/665/627>.
36. Heavy Metals in Soil and Plants During Revegetation of Coal Mine Spoil Tips and Surrounded Territories / L. Kucher, I. Krasnoshtan, U. Nedilska [et al.] // Journal of Ecological Engineering. – 2023. – № 24 (7) – P. 234 - 245. – <https://doi.org/10.12911/22998993/164756>.
37. Михалеви́ч В. М. Математичні системи комп'ютерної алгебри як засіб підвищення ефективності і якості освітнього процесу з вищої математики / В. М. Михалеви́ч, О. І. Шевчук, Н. Л. Буга // Сучасні інформаційні технології та іноваційні методики навчання у підготовці фахівців: методологія, теорія, досвід, проблеми. Збірник наукових праць. – Київ-Вінниця : ДОВ «Вінниця», 2007. – Випуск 14. – С. 357 - 360.
38. Березюк О. В. Комп'ютерна програма "Регресійний аналіз" ("RegAnaliz") / О. В. Березюк // Свідectво про реєстрацію авторського права на твір № 49486. – К.: Державна служба інтелектуальної власності України. – Дата реєстрації: 03.06.2013.
39. Березюк О. В. Встановлення регресій параметрів захоронення відходів та потреби в ущільнювальних машинах на основі комп'ютерної програми "RegAnaliz" / О. В. Березюк // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2014. – № 1. – С. 40 – 45.
40. Порівняльна оцінка вмісту важких металів у ґрунтах різних міських агломерацій: методологічні підходи до моніторингу довкілля / І. М. Андрусина, І. О. Голуб, В. Ф. Демченко [та ін.] // Довкілля та здоров'я. – 2020. – № 4 (97). – С. 71 – 79.

Стаття надійшла до редакції 20.02.2024.

Стаття пройшла рецензування 28.02.2024.

Березюк Олег Володимирович – д-р техн. наук, доцент, професор кафедри безпеки життєдіяльності та педагогіки безпеки.
Вінницький національний технічний університет.

Недільська Уляна Іванівна – канд. с.-г. наук, доцент, доцент кафедри екології і загальнобіологічних дисциплін.
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет».

Войцехівська Олена Василівна – канд. біол. наук, доцент, доцент кафедри біології рослин.
Київський національний університет імені Тараса Шевченка, ННЦ «Інститут біології та медицини».

Бережняк Євгеній Михайлович – канд. с.-г. наук, доцент, доцент кафедри екології агросфери та екологічного контролю.

Соломон В'ячеслав Віталійович – канд. вет. наук, доцент, доцент кафедри ветеринарної гігієни ім. проф. А. К. Скороходька.

Кучер Лариса Іванівна – канд. с.-г. наук, доцент, доцент кафедри ґрунтознавства та охорони ґрунтів ім. проф. М. К. Шикуди.
Національний університет біоресурсів і природокористування України.