

**УДОСКОНАЛЕННЯ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ПИТОМИХ
ЕНЕРГОВИТРАТ ОЧИЩЕННЯ ҐРУНТІВ ПОЛІГОНІВ ТВЕРДИХ
ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ ВІД ЗАБРУДНЕННЯ ВАЖКИМИ МЕТАЛАМИ**

О. Bereziuk

**IMPROVEMENT OF MATHEMATICAL MODEL OF SPECIFIC ENERGY
CHARGES OF CLEANING SOILS GROUNDS OF HARD DOMESTIC
WASTES FROM CONTAMINATION BY THE HEAVY METALS**

The improved mathematical model of specific energy charges of cleaning offers soils grounds of hard domestic wastes from contamination by the heavy metals. Logarithmic regressive dependence's of specific energy charges of cleaning are definite soils grounds of hard domestic wastes through contamination by the heavy metals from concentrations of cobalt, copper, nickel, chrome, vanadium and manganese.

Переважна більшість твердих побутових відходів (ТПВ), що утворюються в українських населених пунктах, захоронюються на 4530 полігонах та сміттєзвалищах, які займають площу майже 7,7 тис. гектарів та лише частково утилізуються на сміттєспалювальних заводах або перероблюються [1]. Тільки протягом останніх років загальна площа полігонів та сміттєзвалищ в Україні зросла в 2,5 рази. В таку ж кількість разів зросла площа перевантажених, і тих полігонів та сміттєзвалищ, що не відповідають нормам екологічної безпеки [1], в тому числі й через забруднення ґрунтів важкими металами [2]. Постанова Кабінету Міністрів України № 265 [3] сформувала основу для розробки Національної стратегії поводження з ТПВ в Україні. Тому удосконалення математичної моделі питомих енерговитрат очищення ґрунтів полігонів твердих побутових відходів від забруднення важкими металами, що може бути використана під час розробки стратегії, комплексу машин та обладнання для поводження з ТПВ, є актуальною науково-технічною задачею.

В статті [4] наведено дані щодо питомих затрат електроенергії на зменшення концентрацій методом електрохімічної ремедіації таких важких металів в ґрунті полігонів ТПВ, як кадмій, свинець та цинк. Даний метод оснований на використанні електричного струму для виділення відповідних забруднюючих речовин. Методом електрохімічної ремедіації можна відновлювати ґрунти безпосередньо на поверхні землі без їх відбору у спеціальні ємності, що робить процес менш енергоємним.

В роботі [5] визначено регресійну залежність питомих енерговитрат очищення ґрунтів полігонів ТПВ через забруднення важкими металами від їхніх концентрацій та ГДК

$$E = a(\text{ГДК}) - b(\text{ГДК}) \ln C = 111,6\text{ГДК} - 1,962\text{ГДК}^2 - 1241 - \left(98,59 - \frac{1230}{\text{ГДК}} \right) \ln C, \quad (1)$$

де C – концентрація важкого металу в ґрунті після його очищення методом електрохімічної ремедіації, мг/кг;

$ГДК$ – гранично допустима концентрація важкого металу в ґрунті, мг/кг.

Недоліком математичної моделі (1) є те, що вона не може бути застосована для таких важких металів, як кобальт, мідь, нікель, хром, ванадій та марганець, що також забруднюють ґрунти полігонів та звалищ ТПВ [6] і мають $ГДК$, вищі ніж ті важкі метали, на основі яких визначена залежність (1). Тому за допомогою розробленої комп'ютерної програми "RegAnaliz", яка захищена свідоцтвом про реєстрацію авторського права на твір [7], проведено додатковий регресійний аналіз залежності $a = f(ГДК)$.

В результаті отримано таку регресійну залежність

$$a = 205,4 + 61,61(ГДК - 20)^{0,25} = 205,4 + 61,61\sqrt[4]{ГДК - 20}. \quad (2)$$

Отже, після підстановки функції (2) в рівняння (1) удосконалена математична модель питомих енерговитрат очищення ґрунтів полігонів ТПВ через забруднення важкими металами від їхніх концентрацій та $ГДК$ остаточно виглядає так

$$E = 205,4 + 61,61\sqrt[4]{ГДК - 20} - \left(98,59 - \frac{1230}{ГДК}\right) \ln C. \quad (3)$$

На рис. 1 показана залежність питомих енерговитрат E очищення ґрунтів полігонів ТПВ через забруднення важкими металами від їхніх концентрацій C та значень $ГДК$ в ґрунті, отримана за допомогою математичної моделі (3).

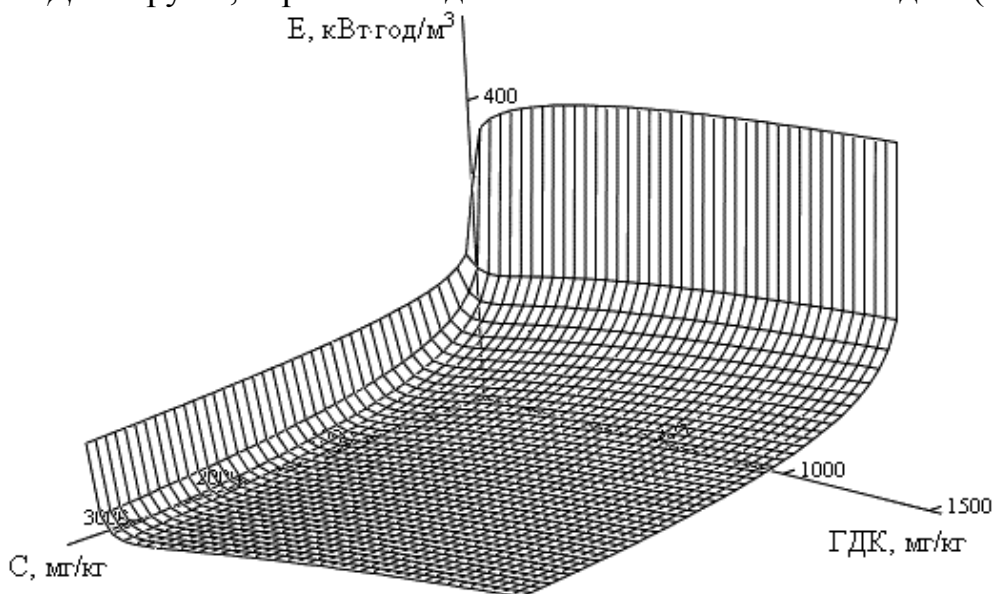


Рис. 1. Залежність питомих енерговитрат E очищення ґрунтів полігонів ТПВ через забруднення важкими металами від їхніх концентрацій C та значень $ГДК$ в ґрунті

В табл. 1 наведено $ГДК$ у ґрунті тих важких металів, що забруднюють ґрунти полігонів та звалищ ТПВ.

Таблиця 1 – $ГДК$ важких металів у ґрунті [8]

Важкі метали	кобальт Co	мідь Cu	нікель Ni	хром Cr	ванадій V	марганець Mn
$ГДК$, мг/кг	50	55	85	100	150	1500

За допомогою удосконаленої математичної моделі (3) і даних табл. 1 отримано логарифмічні залежності питомих затрат електроенергії E від

концентрацій C у ґрунті для таких важких металів, як кобальт, мідь, нікель, хром, ванадій та марганець:

$$E_{Co} = 349,6 - 73,99 \ln C_{Co}; \quad (4)$$

$$E_{Cu} = 355,3 - 76,23 \ln C_{Cu}; \quad (5)$$

$$E_{Ni} = 380,3 - 84,12 \ln C_{Ni}; \quad (6)$$

$$E_{Cr} = 389,7 - 86,29 \ln C_{Cr}; \quad (7)$$

$$E_V = 413,4 - 90,39 \ln C_V; \quad (8)$$

$$E_{Mn} = 587,5 - 97,77 \ln C_{Mn}. \quad (9)$$

Отже, запропоновано удосконалену математичну модель (3) питомих енерговитрат очищення ґрунтів полігонів твердих побутових відходів від забруднення важкими металами, що може бути використана під час розробки стратегії, комплексу машин та обладнання для поводження з ТПВ. Визначено логарифмічні регресійні залежності (4-9) питомих енерговитрат очищення ґрунтів полігонів твердих побутових відходів через забруднення важкими металами від концентрацій кобальту, міді, нікелю, хрому, ванадію та марганцю, які дозволяють оцінити енерговитрати очищення забруднених ґрунтів від вказаних речовин.

Література:

1. 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 (7). – С. 88-91.
2. Гринчишин Н. М. Звалища твердих побутових відходів як небезпечний чинник забруднення ґрунтів важкими металами / Н. М. Гринчишин, Х. Р. Іванець // Матеріали I Міжнародної науково-практичної конференції "Екологічна безпека як основа сталого розвитку суспільства". – Львів : ЛДУ БЖД, 2012. – С. 103-105.
3. Постанова Кабінету Міністрів України від 4 березня 2004 року № 265 "Про затвердження Програми поводження з твердими побутовими відходами" [Електронний ресурс] / Кабінет Міністрів України : <http://zakon1.rada.gov.ua/laws/show/265-2004-%D0%BF>.
4. Лысенко Л. Перспективы решения проблемы загрязнения почв тяжелыми металлами / Л. Лысенко, М. Пономарев, Б. Корнилович // Экотехнологии и ресурсосбережение. – 2001. – № 4. – С. 59-63.
5. 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.
6. Корбут М. Б. Запобігання забруднення водного басейну в зоні впливу звалища ТПВ м. Житомира шляхом очищення стічних вод від органічних поллютантів, амонійного азоту та важких металів / М. Б. Корбут, М. С. Мальований // Вісник ЖДТУ. Серія: Технічні науки. – 2013. – № 4 (67). – С. 127-133.
7. Березюк О. В. Комп'ютерна програма "Регресійний аналіз" ("RegAnaliz") / Свідectво про реєстрацію авторського права на твір № 49486 // власник свідectва О. В. Березюк. – К. : Державна служба інтелектуальної власності України. – Дата реєстрації : 03.06.2013.
8. Тогагинська О. В. Нормування антропогенного навантаження на навколишнє середовище / О. В. Тогагинська, О. В. Ничик, О. М. Салавор. – К : НУХТ, 2014. – 75 с.