

УДК 628.472.3; 502.51(282.03)

**О. В. Березюк, д. т. н., доц.; С. С. Хлєстова, к. пед. н., доц;
Н. М. Гринчак, к. б. н., доц; С. М. Горбатюк, к. б. н., доц.**

ЗАЛЕЖНІСТЬ РІВНЯ МІКРОБІОЛОГІЧНОГО ЗАБРУДНЕННЯ ЗАГАЛЬНИМИ КОЛІФОРМАМИ ГРУНТОВИХ ВОД ВІД ВІДСТАНІ ДО ПОЛІГОНУ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ

В останні роки в Україні 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 забрудненням навколишнього середовища мікроорганізмами (бактеріями кишкової палички, стрептококами, стафілококами та аскаридами), спричиняючи бактеріологічне забруднення ґрунтів та ґрунтових вод. Визначення регресійної залежності рівня мікробіологічного забруднення загальними коліформами ґрунтових вод від відстані до полігону твердих побутових відходів є актуальною науково-технічною задачею.

Метою дослідження є визначення регресійної залежності рівня мікробіологічного забруднення загальними коліформами ґрунтових вод від відстані до полігону твердих побутових відходів. 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 залежність рівня мікробіологічного забруднення загальними коліформами ґрунтових вод від відстані до полігону твердих побутових відходів, яку використано для визначення безпечної відстані розміщення полігонів ТПВ від джерел питної води за показником рівня мікробіологічного забруднення загальними коліформами ґрунтових вод. Побудовано графічну інтерпретацію залежності рівня мікробіологічного забруднення загальними коліформами ґрунтових вод від відстані до полігону твердих побутових відходів, яка дозволяє наочно проілюструвати цю залежність та показати збіжність теоретичних результатів з фактичними на рівні 0,99996.

Ключові слова: *сміттєзвалище, полігон, тверді побутові відходи, мікробіологічне забруднення, ґрунтові води, загальні коліформи, регресійний аналіз.*

Вступ

Безпеці навколишнього середовища та охорони здоров'я загрожують тверді побутові відходи (ТПВ) [1, 2], що є сумішшю компонентів, на відміну від будівельних відходів, які є, переважно, однорідними й відносно легко перероблюються [3, 4]. В Україні щорічний об'єм утворення ТПВ перевищує 54 млн. м³, основну частину яких захоронюють на 6107 полігонах та сміттєзвалищах площею майже 7700 га та лише частково переробляють або утилізують на сміттєспалювальних заводах, на відміну від високорозвинутих країн, в яких широкого впровадження набули сучасні технології переробки та утилізації ТПВ [5]. За період часу 1999 - 2014 рр. в Україні втричі збільшилась сумарна площа полігонів та сміттєзвалищ. Майже вдвічі зросла площа перевантажених та більше ніж втричі тих полігонів і сміттєзвалищ, що порушують норми екологічної безпеки, загрожуючи забрудненням навколишнього середовища (атмосфери, гідросфери та літосфери). Зокрема й через бактеріологічне забруднення ґрунтів та ґрунтових вод мікроорганізмами (бактеріями кишкової палички, стрептококами, стафілококами та аскаридами), що є збудниками та

переносниками хвороб [6 – 8], прилеглих земельних ділянок [9], ґрунтових вод та джерел питної води. Через проходження біологічних процесів в товщі ТПВ, місця їхнього захоронення є також джерелами тривалого негативного впливу на навколишнє середовище звалищного газу, який містить парникові гази та токсичні речовини [10] та високотоксичного фільтрату [11 – 13]. Тому для зменшення темпів зростання площ полігонів та їхнього негативного впливу на навколишнє середовище виконують технологічну операцію ущільнення ТПВ під час завантаження в сміттєвоз [14, 15]. Зменшенню темпів зростання площ полігонів також сприятиме зневоднення ТПВ [16].

Постановка проблеми

Відповідно до Постанови Кабінету Міністрів України № 265 в переліку пріоритетних напрямів поводження з ТПВ в Україні є забезпечення організації контролю за діючими та закритими полігонами ТПВ для запобігання шкідливому впливу на довкілля та здоров'я людини [17]. Тому визначення регресійної залежності рівня мікробіологічного забруднення загальними коліформами ґрунтових вод від відстані до полігону твердих побутових відходів, яка може бути використана для визначення безпечної відстані розміщення полігонів ТПВ від джерел питної води за показником рівня мікробіологічного забруднення загальними коліформами ґрунтових вод, є актуальною науково-технічною задачею.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Прогностичні математичні моделі об'ємів утворення ТПВ та площ полігонів і сміттєзвалищ в Україні наведено в статті [18]. За допомогою яких встановлено, що загальна площа полігонів та сміттєзвалищ, а також тих, що не відповідають нормам екобезпеки збільшується з часом приблизно за експоненціальним законом, а площа перевантажених полігонів та сміттєзвалищ, як тих, що відповідають, так і тих, що не відповідають нормам екобезпеки зростає щорічно майже лінійно. Для зменшення темпів зростання площ полігонів виконується технологічна операція ущільнення ТПВ під час завантаження у сміттєвоз [14, 15]. Більш ефективно використання площі полігона забезпечує високий коефіцієнт ущільнення ТПВ [19, 20]. В статті [21] наведені дані щодо концентрацій сапрофітних бактерій у 0 – 20 см шарі дерново-слабопідзолистого ґрунту, прилеглого до полігонів захоронення ТПВ. В роботі [22] наведено значення санітарно-бактеріологічного складу ТПВ. В статті [23] виявлено умовно-патогенні та патогенні види мікроорганізмів у депонованих відходах, визначено якісний і кількісний склад мікроорганізмів, що розкладають органічні речовини в ТПВ на різних етапах їхнього життєвого циклу. Автори роботи [24] наводять дані щодо зміни санітарно-бактеріологічного складу ТПВ під час компостування. В матеріалах статті [9] виявлено ширшу номенклатуру санітарно-бактеріологічного складу ТПВ навесні (бактерії кишкової палички, стрептококи, стафілококи та аскариди) завдяки наявності стафілококів та аскарид, відсутніх у ТПВ під час літнього компостування. У середовищі ТПВ поруч із сапрофітними розвиваються патогенні бактерії, які є носіями різних захворювань, таких як гепатит, туберкульоз, дизентерія, аскаридоз, респіраторні, алергійні, шкірні та інші захворювання [25]. В статті [26] за допомогою методу планування багатофакторного експерименту Бокса-Уілсона визначено регресійну залежність активності біологічних процесів у ТПВ від ступеня їхнього ущільнення з часом, за допомогою якої встановлено, що найбільше активність біологічних процесів у ТПВ залежить від їхньої густини, найменше – від часу. В роботі [27] визначено регресійні степеневі залежності поширеності хвороб різних класів у дорослого населення населених пунктів, прилеглих до місця видалення ТПВ від відстані до полігона, які використані для визначення безпечної відстані розміщення полігонів ТПВ від населених пунктів за показниками поширеності патології органів дихання та хвороб системи кровообігу. В статті [28] побудовано

математичні моделі залежності концентрацій лише сапрофітних бактерій у ґрунті від відстані до полігону захоронення ТПВ, які дали змогу встановити, що з наближенням полігону суттєво знижується концентрація сапрофітних аеробних бактерій, необхідних для біохімічних реакцій розкладання органічної фракції ТПВ в місцях їхнього захоронення та самоочищення ґрунту від чужорідних органічних речовин. В роботі [29] зазначено, що традиційно міське середовище проблему накопичення відходів вирішує за рахунок сільських територій, внаслідок чого виникає проблема забруднення останніх, а саме 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 сільських територіях. Однак конкретних математичних залежностей рівня мікробіологічного забруднення загальними коліформами ґрунтових вод від відстані до полігону ТПВ, в результаті аналізу відомих публікацій, авторами не виявлено.

Мета і завдання статті

Метою цієї статті є побудова за допомогою регресійного аналізу регресійної залежності рівня мікробіологічного забруднення загальними коліформами ґрунтових вод від відстані до полігону твердих побутових відходів, яка може бути використана для визначення безпечної відстані розміщення полігонів ТПВ від джерел питної води за показником рівня мікробіологічного забруднення загальними коліформами ґрунтових вод.

Методи і матеріали

Для визначення регресійної залежності рівня мікробіологічного забруднення загальними коліформами ґрунтових вод від відстані до полігону ТПВ використано такі методи: регресійний аналіз результатів однофакторних експериментів та інших парних залежностей, комп'ютерне моделювання.

Результати досліджень

У таблиці 1 показані рівні забруднення за мікробіологічним показником – загальними коліформами ґрунтових вод, отримані згідно ДСТУ 5667-1-2003 [29], ДСТУ 5667-2-2003 [30], МВ 10.2.1.1-113-2005 [31], від відстані до Миронівського полігону ТПВ (м. Миронівка Обухівського району Київської області), тип ґрунтів якого відноситься до суглинків з прошарками супіску і дрібнозернистими пісками з цільовим призначенням «утилізація твердих побутових відходів» [32]. Рівень залягання ґрунтових вод до проектного дна полігону у верхній його частині сягає 10 м, по середній частині – 8,5 м, в нижній – 3,62 м. Живлення водоносного горизонту відбувається за рахунок інфільтрації атмосферних опадів. Дані наведено для загальних коліформ (ЗК), що визначається числом колонієутворювальних одиниць (КУО) на 100 см³ сухої маси досліджуваного матеріалу. На основі даних таблиці 1 планувалось отримати парну регресійну залежність рівня мікробіологічного забруднення ґрунтів від відстані до полігону ТПВ.

Таблиця 1

Рівні мікробіологічного забруднення загальними коліформами ґрунтових вод від відстані до полігону ТПВ [32]

Відстань від полігону, ТПВ	700	800	1100	1500
ЗК, КУО/100см ³	291	258	50	0

Регресія проводилась на основі лінеаризувальних перетворень, що 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, і детально Наукові праці ВНТУ, 2021, № 3

описана в роботі [33].

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

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

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

$$\ln(3K) = 5,702 - 8,733 \cdot 10^{-22} x^7 \quad [\text{КУО}/100\text{см}^3]; \quad (1)$$

або

$$3K = e^{5,702 - 8,733 \cdot 10^{-22} x^7} \quad [\text{КУО}/100\text{см}^3], \quad (2)$$

де $3K$ – загальних коліформ, КУО/100см³; x – відстань до полігону ТПВ, м.

Таблиця 2

Результати регресійного аналізу рівня мікробіологічного забруднення загальними коліформами ґрунтових вод від відстані до полігону ТПВ

№	Вид регресії	Коефіцієнт кореляції R	№	Вид регресії	Коефіцієнт кореляції R
1	$y = a + bx$	0,92766	9	$y = ax^b$	0,88661
2	$y = 1 / (a + bx)$	0,75243	10	$y = a + b \cdot \lg x$	0,88661
3	$y = a + b / x$	0,83841	11	$y = a + b \cdot \ln x$	0,88661
4	$y = x / (a + bx)$	0,64041	12	$y = a / (b + x)$	0,75243
5	$y = ab^x$	0,92766	13	$y = ax / (b + x)$	0,61777
6	$y = ae^{bx}$	0,92766	14	$y = ae^{b/x}$	0,77559
7	$y = a \cdot 10^{bx}$	0,92766	15	$y = a \cdot 10^{b/x}$	0,77548
8	$y = 1 / (a + be^{-x})$	0,92766	16	$y = a + bx^n$	0,99996

На рис. 1 показані фактичну та теоретичну графічну залежність рівня мікробіологічного забруднення загальними коліформами ґрунтових вод від відстані до полігону ТПВ.

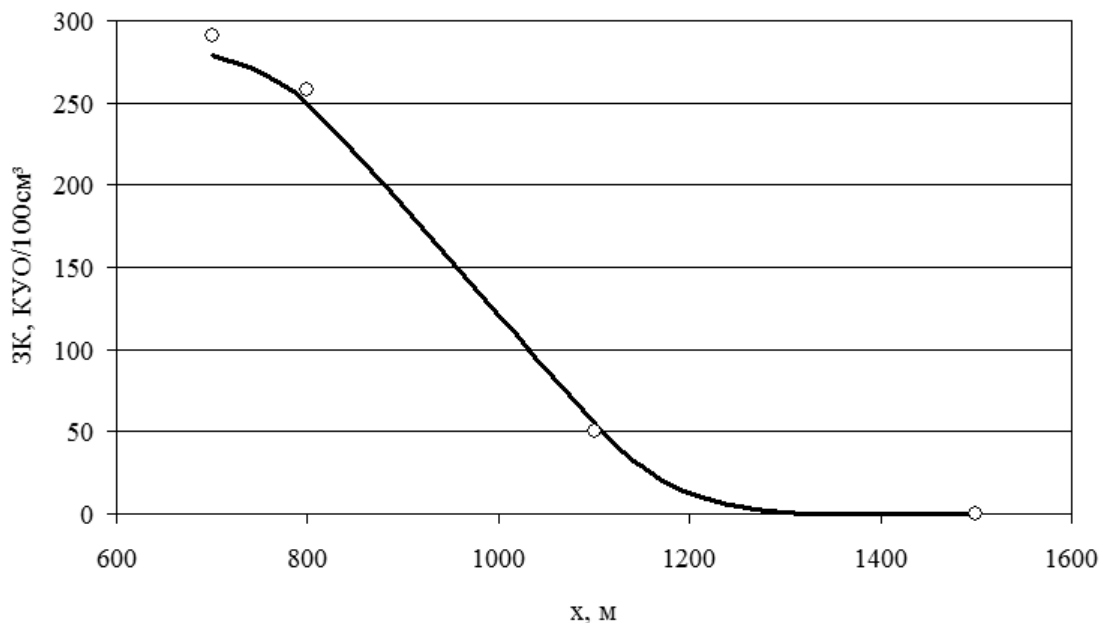


Рис. 1. Зміна рівня мікробіологічного забруднення загальними коліформами ґрунтових вод від відстані до полігону ТПВ

Порівняння фактичних та теоретичних даних показало, що теоретичний рівень забруднення загальними коліформами ґрунтових вод від відстані до полігону ТПВ, розрахований за допомогою рівняння регресії (2), несуттєво відрізняється від даних, наведених в роботі [32], що підтверджує визначену раніше точність отриманої залежності на рівні 0,99996.

Підставивши нормативне значення $3K = 1$ КУО/100см³ [32] в рівняння регресії (1), визначимо безпечну відстань розміщення полігонів ТПВ від джерел питної води

$$x = \sqrt[7]{\frac{5,702 - \ln(3K)}{8,733 \cdot 10^{-22}}} = \sqrt[7]{\frac{5,702 - \ln(1)}{8,733 \cdot 10^{-22}}} \approx 1307 \text{ (м)}.$$

Висновки

1. Визначено регресійну залежність рівня мікробіологічного забруднення загальними коліформами ґрунтових вод від відстані до полігону твердих побутових відходів м. Миронівки Обухівського району Київської області, яку використано для визначення безпечної відстані розміщення полігонів ТПВ від джерел питної води за показником рівня мікробіологічного забруднення загальними коліформами ґрунтових вод.

2. Побудовано графічну інтерпретацію залежності рівня мікробіологічного забруднення загальними коліформами ґрунтових вод від відстані до полігону твердих побутових відходів, яка дозволяє наочно проілюструвати цю залежність та показати збіжність теоретичних результатів з фактичними на рівні 0,99996.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Сагдєєва О. А. Оцінка рівня екологічної небезпеки звалищ твердих муніципальних відходів / О. А. Сагдєєва, Г. В. Крусір, А. Л. Цикало // Екологічна безпека. – 2018. – № 1. – С. 75 – 83.
2. 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>.
3. Лемешев М. С. В'яжучі з використанням промислових відходів Вінниччини / М. С. Лемешев // Тези доповідей XXIV міжнародної науково-практичної конференції "Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я", Харків, 18-20 травня 2016 р. – Харків : НТУ "ХПИ", 2016. – Ч. III. – С. 381.
4. Ковальський В. П. Використання золи виносу ТЕС у будівельних матеріалах / В. П. Ковальський, О. С. Сідлак // Сучасні технології, матеріали і конструкції у будівництві: науково-технічний збірник. – Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2014. – № 1 (16). – С. 35 – 40.
5. 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.
6. Піскун Р. П. Функціональна морфологія головного мозку при атеросклерозі в експерименті та під впливом вінпоцетину / Р. П. Піскун, С. М. Горбатюк // Таврический медико-биологический вестник. – 2006. – Т. 9, № 3. – С. 100 – 113.
7. Показники захворюваності і поширеності та сучасні погляди на профілактику хвороб / В. В. Чорна, С. С. Хлестова, Н. І. Гуменюк [та ін.] // Вісник Вінницького національного медичного університету. – 2020. – Т. 24, №1. – С. 158 – 164.
8. Лігногумат натрію як модифікатор мутагенних ефектів мітоміцину С / С. М. Горбатюк, Н. М. Гринчак, К. В. Мусатова [та ін.] // Матеріали I Міжнародної науково-практичної конференції "Ліки – людині. Сучасні проблеми фармакотерапії і призначення лікарських засобів", 30-31 березня 2017. – Харків : Національний фармацевтичний університет, 2017. – Т. 2. – С. 97.
9. 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.
10. Гелетуша Г. Г. Обзор технологий добычи и использования биогаза на свалках и полигонах твердых бытовых отходов и перспективы их развития в Украине / Г. Г. Гелетуша, З. А. Марценюк // Экотехнологии и ресурсосбережение. – 1999. – № 4. – С. 6 – 14.
11. Попович В. В. Екологічна небезпека фільтрату сміттєзвалищ / В. В. Попович // Матеріали II Міжнародної науково-практичної конференції «Екологічна безпека як основа сталого розвитку суспільства. Європейський

досвід і перспективи», 4-6 листопада 2015 р. – Львів, 2015. – С. 165 – 166.

12. Wastewater Treatment in Lviv Solid Waste Landfill / V. Pohrebennyk, O. Mitryasova, I. Podolchak [et al.] // Conference Proceedings [«16th International Multidisciplinary Scientific Geoconference SGEM 2016»], (Vienna, Austria, 2 November – 5 November 2016). – Book 3. – Water Resources. Forest. Marine and Ocean Ecosystems. – Volume III. – P. 365 – 373.

13. Воронкова Т. В. Система управління образованием фильтрата полигонов ТБО / Т. В. Воронкова, С. Ю. Чудинов // Твердые бытовые отходы. – 2013. – № 8. – С. 36 – 40.

14. Berezyuk O. V. Dynamics of hydraulic drive of hanging sweeping equipment of dust-cart with extended functional possibilities / O. V. Berezyuk, V. I. Savulyak // TEHNOMUS – New Technologies and Products in Machine Manufacturing Technologies. – Suceava, Romania, 2015. – № 22. – P. 345 – 351.

15. Berezyuk O. Approximated mathematical model of hydraulic drive of container upturning during loading of solid domestic wastes into a dustcart / O. Berezyuk, V. Savulyak // Technical Sciences. – 2017. – № 20 (3). – P. 259 - 273.

16. Березюк О. В. Експериментальне дослідження процесів зневоднення твердих побутових відходів шнековим пресом / О. В. Березюк // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2018. – № 5. – С. 18 – 24.

17. 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>.

18. 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.

19. 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.

20. Савуляк В. І. Технічне забезпечення збирання, перевезення та підготовки до переробки твердих побутових відходів : монографія / В. І. Савуляк, О. В. Березюк. – Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2006. – 217 с.

21. Гринчишин Н. М. Вплив важких металів на мікробіоценоз 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.

22. Щербо А. П. Гигиенические вопросы обезвреживания бытовых отходов / А. П. Щербо // Доклад на XXIII научной конференции "Хлопинские чтения", 16 января 1991 года. – Л. : Издание ин-та усовершенствования врачей им. С. М. Кирова, 1990. – 25 с.

23. Зомарев А. М. Санитарно-гигиенический мониторинг полигонов захоронения твердых бытовых отходов (ТБО) на этапах жизненного цикла : автореф. дисс. на соискание уч. степени докт. мед. наук : спец. 14.02.01 «Гигиена» / А. М. Зомарев – Пермь : 2010. – 50 с.

24. Microbial disinfection capacity of municipal solid waste (MSW) composting / I. Deportes, J.-L. Benoit-Guyod, D. Zmirou [et al.] // Journal of Applied Microbiology. – 1998. – № 85. – P. 238 – 246.

25. Лехмус О. О. Методи та технології переробки побутових і суднових відходів / О. О. Лехмус. – Миколаїв : НУК, 2004 – 48 с.

26. Регресійна залежність активності біологічних процесів у твердих побутових відходах від ступеня їхнього ущільнення з часом [Електронний ресурс] / О. В. Березюк, С. М. Горбатюк, Л. Л. Березюк // Наукові праці Вінницького національного технічного університету. – 2020. – № 2. – Режим доступу до журналу: <https://praci.vntu.edu.ua/index.php/praci/article/view/600/568>.

27. Залежність поширеності хвороб від відстані між населеним пунктом і полігоном твердих побутових відходів [Електронний ресурс] / О. В. Березюк, С. М. Горбатюк, Л. Л. Березюк // Наукові праці Вінницького національного технічного університету. – 2020. – № 4. – Режим доступу до журналу: <https://praci.vntu.edu.ua/index.php/praci/article/view/618/580>.

28. Березюк О. В. Побудова моделей залежності концентрацій сапрофітних бактерій у ґрунті від відстані до полігону захоронення твердих побутових відходів / О. В. Березюк, Л. Л. Березюк // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2017. – № 1. – С. 36 – 39.

29. Настанова щодо проекту програм проведення відбирання проб. (ISO 5667/1:1980, IDT) : ДСТУ ISO 5667-1:2003. – [Чинний від 2004-07-01]. – К. : Держспоживстандарт України, 2004. – IV, 17 с.

30. Настанова щодо методів відбирання проб (ISO 5667/2:1991, IDT) : ДСТУ ISO 5667-2:2003. – [Чинний від 2004-07-01]. – К. : Держспоживстандарт України, 2004. – IV, 10 с.

31. МВ 10.2.1.1-113-2005 Санітарно-мікробіологічний контроль якості питної води. Методичні вказівки. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://text.normativ.ua/doc9089.php>.

32. 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.

33. 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.

Стаття надійшла до редакції 10.09.2021.

Стаття пройшла рецензування 14.09.2021.

Березюк Олег Володимирович – д. т. н., доцент, доцент кафедри безпеки життєдіяльності та педагогіки безпеки.

Вінницький національний технічний університет.

Хлєстова Світлана Святославівна – к. пед. н., доцент, доцент кафедри медичної біології.

Гринчак Наталія Миколаївна – к. б. н., доцент, доцент кафедри медичної біології.

Горбатюк Світлана Михайлівна – к. б. н., доцент, доцент кафедри медичної біології.

Вінницький національний медичний університет ім. М. І. Пирогова.