

УДК 502.3:504.5; 314.14

**О. В. Березюк, д-р техн. наук, доц.; С. М. Горбатюк, канд. біол. наук, доц.;
Л. С. Гудзевич, канд. біол. наук, доц.; Т. І. Шевчук, канд. мед. наук, доц.;
М. О. Паламарчук**

ВПЛИВ НА ПОКАЗНИКИ ЗАГАЛЬНОЇ ЗАХВОРЮВАНOSTІ ДОРΟΣЛОГО НАСЕЛЕННЯ М. КИЇВ ВИКИДІВ ЗАБРУДНЮВАЛЬНИХ РЕЧОВИН У АТМОСФЕРУ

Об'єктом дослідження у роботі є загальна захворюваність дорослого населення м. Київ. За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я, забруднення повітря є значним фактором ризику для здоров'я людини, спричиняючи в результаті захворювань мільйони передчасних смертей у всьому світі щорічно. В умовах зростаючої урбанізації та індустріалізації проблема забруднення повітря стає дедалі актуальнішою, особливо з огляду на його можливий вплив на рівень загальної захворюваності дорослого населення. Тому визначення регресійної залежності поширеності загальної захворюваності дорослого населення м. Київ від маси викидів забруднювальних речовин у атмосферу, яка може бути використана для прогнозування показників такої захворюваності є актуальною науково-технічною задачею. Метою дослідження є побудова за допомогою регресійного аналізу регресійної залежності поширеності загальної захворюваності дорослого населення м. Київ від маси викидів забруднювальних речовин у атмосферу, яка може бути використана для прогнозування показників такої захворюваності. Під час проведення дослідження використано метод регресійного аналізу результатів однофакторних експериментів та інших парних залежностей із вибором найбільш адекватного 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". Отримано регресійну залежність поширеності загальної захворюваності дорослого населення м. Київ від маси викидів забруднювальних речовин в атмосферне повітря, яка може бути використана для прогнозування показників такої захворюваності. Побудовано графічну залежність поширеності загальної захворюваності дорослого населення м. Київ від маси викидів забруднювальних речовин у атмосферу, яка дозволяє наочно проілюструвати цю залежність та показати достатню збіжність теоретичних результатів з фактичними. Встановлено, що поширеність загальної захворюваності дорослого населення м. Київ зростає при збільшенні маси викидів забруднювальних речовин в атмосферне повітря за гіперболічною залежністю.

Ключові слова: викиди забруднювальних речовин, атмосферне повітря, показники захворюваності, поширеність хвороб, захворюваність дорослого населення, загальна захворюваність, регресійний аналіз.

Вступ

Погіршення стану повітря в промислових районах України через забруднення є значною загрозою для довкілля та здоров'я населення, оскільки численні епідеміологічні дослідження підтверджують його взаємозв'язок із різноманітними негативними наслідками для здоров'я людини. Крім того, викиди пилових речовин суттєво погіршують екологічний стан навколишнього середовища, сприяють передчасному зносу промислового обладнання та інфраструктури житлово-комунального господарства [1]. Особливу увагу з точки зору санітарно-епідеміологічного благополуччя населення привертають ризики для здоров'я, спричинені дрібнодисперсними частинками діаметром менше 10 і 2,5 мкм. Вони здатні проникати глибоко в легені, а частки менш ніж 2,5 мкм можуть навіть потрапляти в кровоносну систему, що насамперед сприяє розвитку захворювань серцево-судинної та

дихальної систем [2-5], а також негативно впливає на інші органи. Різні соціальні групи, зокрема люди похилого віку, вагітні жінки, діти та особи із захворюваннями на астму, є більш вразливими до негативного впливу забрудненого атмосферного повітря та можуть зазнавати серйозніших наслідків для здоров'я. Основним джерелом забруднення атмосферного повітря є спалювання палива в різних галузях економіки, зокрема в транспортному секторі, енергетиці, промисловості, будівництві [6 – 9], а також у комунальному, сільському господарстві [10] та побутовому секторі [11].

Постановка проблеми

За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ), забруднення повітря є значним фактором ризику для здоров'я людини, спричиняючи в результаті захворювань мільйони передчасних смертей у всьому світі щорічно. Дослідження ВООЗ свідчать, що високі концентрації дрібнодисперсного пилу (PM_{2.5}, PM₁₀), оксидів азоту (NO_x), діоксиду сірки (SO₂) та інших токсичних сполук сприяють розвитку респіраторних, серцево-судинних, онкологічних та інших хронічних захворювань. Місто Київ є одним із найбільших мегаполісів України, де рівень забруднення атмосферного повітря залишається стабільно високим через значну концентрацію автотранспорту, промислових підприємств та інших джерел викидів. В умовах зростаючої урбанізації та індустріалізації проблема забруднення повітря стає дедалі актуальнішою, особливо з огляду на його можливий вплив на рівень загальної захворюваності дорослого населення. Тому визначення регресійної залежності поширеності загальної захворюваності дорослого населення м. Київ від маси викидів забруднювальних речовин у атмосферу, яка може бути використана для прогнозування показників такої захворюваності є актуальною науково-технічною задачею.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

У науковій статті [1] аналізуються основні джерела забруднення атмосферного повітря, вплив шкідливих викидів на здоров'я населення, а також результати експериментальних досліджень, присвячених розробці пиловловлювачів. Зокрема, підкреслюється, що комплексне вирішення еколого-гігієнічних проблем забезпечить ефективне управління процесами оздоровлення навколишнього середовища та покращення здоров'я населення.

Згідно з матеріалами наукових досліджень [12-14], одним із найбільш небезпечних забруднювачів атмосферного повітря є дрібнодисперсний пил із діаметром частинок до 10 мкм. Ці тверді частинки можуть тривалий час залишатися у завислому стані, неефективно вловлюються існуючими системами очищення та здатні поширюватися на значні відстані в атмосферному повітрі [15].

Відповідно до рекомендацій ВООЗ, у країнах ЄС встановлені граничні значення впливу дрібнодисперсного пилу з діаметром менше 10 мкм. Зокрема, середньодобова концентрація не повинна перевищувати пороговий рівень 50 мкг/м³ більш ніж 35 разів на рік, а середньорічна концентрація має залишатися в межах 40 мкг/м³ [16]. Але у країнах Східної Європи, Кавказу та Центральної Азії моніторинг зважених часток діаметром менше 10 мкм залишається вкрай обмеженим. Лише незначна кількість станцій функціонує в Білорусі та Узбекистані (Ташкент, Нукус), тоді як в Україні такі системи моніторингу взагалі відсутні [17].

В атмосферному повітрі населених пунктів містяться значні обсяги дрібнодисперсного пилу, до складу якого входять сажа, цементний пил та інші мікрочастинки, що мають подразнювальну, фіброгенну, алергенну та токсичну дію на організм людини. Вплив цих частинок залежить від їхніх фізико-хімічних властивостей, зокрема форми, розчинності, твердості та хімічного складу. Хімічна активність пилу щодо організму людини визначається його питомою площею поверхні [18].

Вплив забруднення атмосфери на рівень захворюваності населення Сумської області

проаналізовано в статті [19]. Визначено наслідки впливу різних забруднюючих речовин на здоров'я мешканців, а також досліджено динаміку захворюваності на онкологічні хвороби в регіоні. Проведено розрахунок середньорічного об'єму викидів забруднюючих речовин за районами Сумської області та щільності викидів в атмосферу. Встановлено рейтинг районів за рівнем захворюваності та проведено кореляційний аналіз залежності онкологічних захворювань від рівня забруднення атмосферного повітря.

Дрібнодисперсні токсичні пилові викиди під впливом сонячних променів та озону можуть утворювати в атмосфері нові, ще більш токсичні сполуки. Водночас атмосферна турбулентність і вітер не завжди встигають ефективно видаляти пилові викиди з повітряного простору підприємств, що збільшуються внаслідок інтенсифікації виробничих процесів [20].

Вдосконалену математичну модель для визначення концентрацій забруднювальних речовин у фільтраті полігонів твердих побутових відходів (ТПВ) запропоновано в статті [21], а в роботі [22] удосконалено математичну модель питомих енерговитрат на очищення ґрунтів полігонів ТПВ від забруднення важкими металами. У матеріалах роботи [23] проведено визначення регресійної гіперболічної залежності концентрації бенз[а]пірену в ґрунтах полігону ТПВ від глибини вимірювання. За допомогою цієї залежності встановлено, що небезпечна глибина хімічного забруднення бенз[а]піреном ґрунтів полігону твердих побутових відходів становить 152 мм. У матеріалах статті [24] запропоновано регресійну залежність концентрації нафтопродуктів у ґрунтах від відстані до полігону ТПВ, що дозволило визначити, що безпечна відстань розміщення полігонів ТПВ від земель сільськогосподарського призначення за рівнем хімічного забруднення ґрунтів нафтопродуктами становить 66 м. У роботі [25] визначено регресійну залежність концентрації свинцю в ґрунтах від відстані до полігону ТПВ, за допомогою якої встановлено, що відстань від полігону ТПВ, на якій забруднення ґрунту свинцем не перевищує фоновий рівень (межа зони слабого забруднення), складає 526 м. Схему вимірювача концентрації вибухонебезпечних газів у повітрі запропоновано в науковій праці [26].

Наукова стаття [27] присвячена визначенню регресійних степеневих залежностей поширеності хвороб різних класів серед дорослого населення населених пунктів, що знаходяться поблизу місця видалення ТПВ, від відстані до полігону. Ці залежності використано для визначення безпечної відстані розміщення полігонів ТПВ від населених пунктів за показниками поширеності хвороб системи кровообігу та патології органів дихання.

Негативний вплив дрібнодисперсного пилу в атмосферному повітрі на стан здоров'я людини математично довели автори роботи [28]. Встановлено, що серед різних видів пилу, які потрапляють в атмосферу від антропогенних джерел викидів, найнебезпечнішим є пил, що містить тверді частинки розміром від 2,5 до 10 мкм. Також запропоновано двофакторні лінійні математичні моделі захворюваності хворобами системи кровообігу, кожна з яких враховує вплив викидів дрібнодисперсного пилу як загального обсягу, так і певної дисперсності.

Медико-статистичне дослідження [12] дозволило встановити негативну тенденцію до зростання частоти захворювань на рак шкіри протягом 2000 – 2019 років на 24,0 %, при цьому загальний рівень захворюваності на онкологічну патологію зріс на 10,6 %. Приріст захворюваності на меланому становив 77,3 %.

У роботі [29] наведено показники загальної захворюваності дорослого населення м. Київ за різні роки, а в роботі [30] представлено статистичні дані щодо річної маси викидів забруднювальних речовин в атмосферне повітря м. Києва.

Однак конкретних математичних залежностей поширеності загальної захворюваності дорослого населення м. Київ від маси викидів забруднювальних речовин в атмосферне повітря, в результаті аналізу відомих публікацій, авторами не виявлено.

Мета і завдання статті

Метою цієї статті є побудова за допомогою регресійного аналізу регресійної залежності поширеності загальної захворюваності дорослого населення м. Київ від маси викидів забруднювальних речовин в атмосферне повітря, яка може бути використана для прогнозування показників такої захворюваності.

Методи і матеріали

Для визначення регресійної залежності поширеності загальної захворюваності дорослого населення м. Київ від маси викидів забруднювальних речовин в атмосферне повітря використано такі методи: регресійний аналіз результатів однофакторних експериментів та інших парних залежностей, комп'ютерне моделювання.

Результати досліджень

У таблиці 1 наведені показники загальної захворюваності дорослого населення м. Київ в різні роки, визначені в роботі [29], в залежності від маси викидів забруднювальних речовин в атмосферне повітря [30].

Таблиця 1

Показники загальної захворюваності дорослого населення м. Київ в залежності від маси викидів забруднювальних речовин в атмосферне повітря [29, 30]

Рік	2015	2016	2017	2018	2019
Маса викидів забруднювальних речовин в атмосферне повітря, тис. т	254,5	259,2	247,7	214,2	171
Поширеність загальної захворюваності дорослого населення м. Київ на 10 тис. населення	23792,2	23816,3	23598,6	22929,1	21231,7

На основі даних таблиці 1 планувалось отримати парну регресійну залежність поширеності загальної захворюваності дорослого населення м. Київ від маси викидів забруднювальних речовин в атмосферне повітря.

Регресія проводилась на основі лінеаризувальних перетворень, які дозволяють звести нелінійну залежність до лінійної. Визначення коефіцієнтів рівнянь регресії здійснювалась методом найменших квадратів [31] а допомогою розробленої комп'ютерної програми "RegAnaliz" [32], яка захищена свідоцтвом про реєстрацію авторського права на твір, і детально описана в роботі [33, 34].

Програма "RegAnaliz" дозволяє проводити регресійний аналіз результатів однофакторних експериментів та інших парних залежностей із вибором найбільш адекватного виду функції із шістнадцяти 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:

$$P_3 = \frac{m_{3p}}{0,002528 + 3,212 \cdot 10^{-5} m_{3p}} \text{ [вип. на 10 тис. нас.],} \quad (1)$$

де P_3 – поширеність загальної захворюваності дорослого населення м. Київ, вип. на 10 тис. нас; m_{3p} – річна маса викидів забруднювальних речовин в атмосферне повітря в м. Києві, тис. т.

На рис. 1 показано фактичну та теоретичну графічну залежність поширеності загальної захворюваності дорослого населення м. Київ від маси викидів забруднювальних речовин в атмосферне повітря.

Таблиця 2

Результати регресійного аналізу залежності поширеності загальної захворюваності дорослого населення м. Київ від маси викидів забруднювальних речовин в атмосферне повітря

№	Вид регресії	Коефіцієнт кореляції R	№	Вид регресії	Коефіцієнт кореляції R
1	$y = a + bx$	0,98681	9	$y = ax^b$	0,99221
2	$y = 1 / (a + bx)$	0,98244	10	$y = a + b \cdot \lg x$	0,99367
3	$y = a + b / x$	0,99791	11	$y = a + b \cdot \ln x$	0,99367
4	$y = x / (a + bx)$	0,99942	12	$y = a / (b + x)$	0,98244
5	$y = ab^x$	0,98469	13	$y = ax / (b + x)$	0,99613
6	$y = ae^{bx}$	0,98469	14	$y = ae^{b/x}$	0,99710
7	$y = a \cdot 10^{bx}$	0,98469	15	$y = a \cdot 10^{b/x}$	0,99710
8	$y = 1 / (a + be^{-x})$	0,95231	16	$y = a + bx^n$	0,97751

Порівняння фактичних та теоретичних даних показало, що теоретична поширеність загальної захворюваності дорослого населення м. Київ від маси викидів забруднювальних речовин в атмосферне повітря, розрахована за допомогою рівняння регресії (1), несуттєво відрізняються від даних, наведених в роботах [29, 30], що підтверджує визначену раніше достатню точність отриманої залежності.

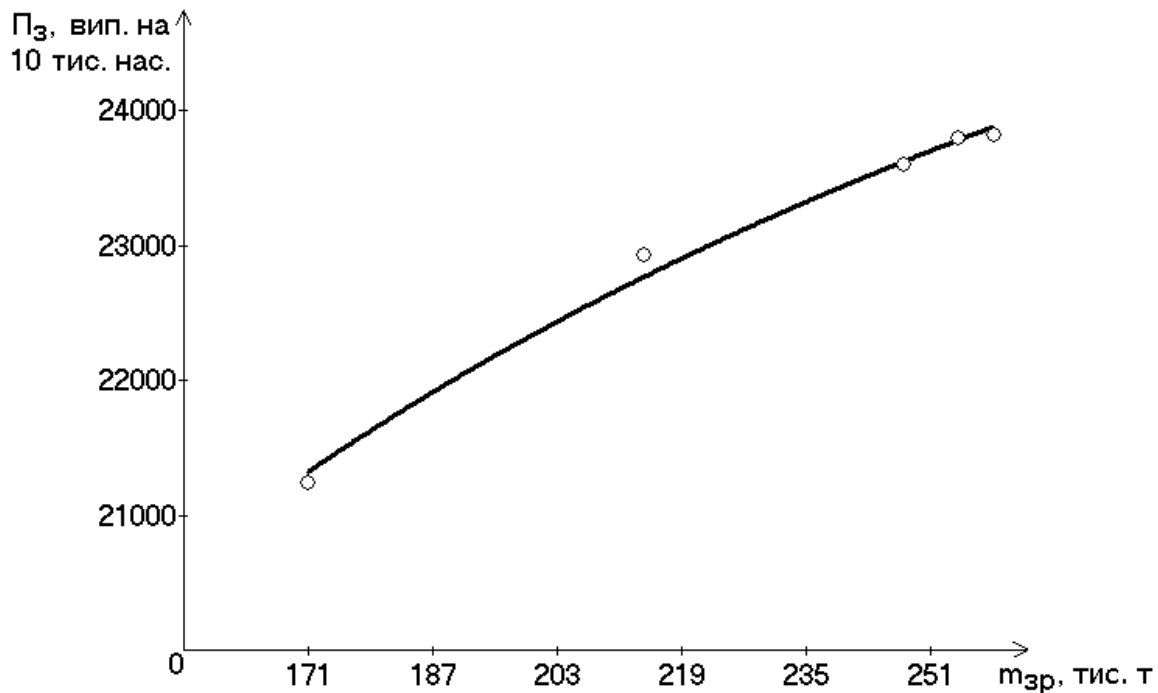


Рис. 1. Залежність поширеності загальної захворюваності дорослого населення м. Київ від маси викидів забруднювальних речовин в атмосферне повітря: фактична $\circ$, теоретична —

Аналіз графічної залежності на рис. 1 показав, що поширеність загальної захворюваності дорослого населення м. Київ зростає при збільшенні маси викидів забруднювальних речовин в атмосферне повітря за гіперболічною залежністю.

Висновки

Визначено регресійну залежність поширеності загальної захворюваності дорослого населення м. Київ від маси викидів забруднювальних речовин в атмосферне повітря, що може бути використана для прогнозування показників такої захворюваності.

Побудовано графічну залежність поширеності загальної захворюваності дорослого населення м. Київ від маси викидів забруднювальних речовин в атмосферне повітря, яка дозволяє наочно проілюструвати цю залежність та показати достатню збіжність теоретичних результатів з фактичними.

Встановлено, що поширеність загальної захворюваності дорослого населення м. Київ зростає при збільшенні маси викидів забруднювальних речовин в атмосферне повітря за гіперболічною залежністю.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Батлук В. А., Азарський К. І. Рівень забруднення атмосферного повітря та його вплив на стан здоров'я населення України. *Будівництво, матеріалознавство, машинобудування : збірник наукових праць*. 2010. № 52. С. 205–210.
2. Шевчук Т. І., Шкарупа В. М., Хлестова С. С. Антропогенна зміна довкілля як фактор поширення паразитарних захворювань людини. *Довкілля і здоров'я : матеріали наук.-практ. конф.*, 27–28 квіт. 2017 р. Тернопіль, 2017. С. 220–222.
3. Піскун Р. П., Горбатюк С. М. Ультроструктура кори головного мозку при експериментальній дисліпопротеїдемії та її фармакокорекції. *Biomedical and biosocial anthropology*. 2007. № 9. С. 274–275.
4. Чорна В. В., Хлестова С. С., Гуменюк Н. І. Показники захворюваності і поширеності та сучасні погляди на профілактику хвороб. *Вісник Вінницького національного медичного університету*. 2020. Т. 24, № 1. С. 158–164.
5. Піскун Р. П., Горбатюк С. М. Функціональна морфологія головного мозку при атеросклерозі в експерименті та під впливом вінпоцетину. *Таврический медико-биологический вестник*. 2006. Т. 9. № 3. С. 100–113.
6. Лемешев М. С. Теоретичні передумови підвищення довговічності електропровідних бетонів. *Ресурсоекономічні матеріали, конструкції, будівлі та споруди : тези доповідей Міжнародної науково-технічної конференції*. Рівне : УДАВГ, 1996. С. 35.
7. Очеретний В. П., Ковальський В. П., Машницький М. П. Нове в технології виробництва цементно-карбонатних будівельних виробів з використанням промислових відходів. *Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві*. 2008. № 5. С. 33–36.
8. Лемешев М. С. Формування структури електропровідного бетону під впливом електричного струму. *Сучасні технології, матеріали і конструкції у будівництві : науково-технічний збірник*. Вінниця : УНІВЕРСУМ Вінниця. 2006. С. 36–41.
9. Очеретний В. П., Ковальський В. П., Бондар А. В. Вплив мінеральних мікронаповнювачів на властивості поризованих сухих будівельних сумішей. *Вісник Сумського національного аграрного університету*. Серія: «Будівництво». 2014. Випуск 10 (18). С. 44–47.
10. Березюк Л. Еколого-економічна доцільність застосування добрив на основі компостування ТПВ. *Інноваційні екологобезпечні технології рослинництва в умовах воєнного стану: Матеріали II Всеукраїнської науково-практичної конференції*, Київ, 31 серпня 2023 р. 2023. С. 31.
11. Березюк Л. Л. Особливості поведінки з твердими побутовими відходами туристичного, готельного та ресторанного бізнесу. *Туристичний бренд як фактор формування позитивного іміджу України на світовому ринку: 36. матер. II Всеукр. наук.-практ. інтернет конф.*, Львів, 20 лютого 2020 р. Львів: ЛІЕТ, 2020. С. 300–303.
12. A new classification of aerosol sources and types as measured over Jaipur, India / S. Verma et al. *Aerosol and Air Quality Research*. 2015. Vol. 15. P. 985–993.
13. Аэрозоли дисперсные системы : монография. Чекман И. С., Сырочая А. О., Андреева С. В., Макаров В. А. Харків : Цифрова друкарня №1. 2013. 100 с.
14. Chemical characteristics of aerosols in coastal and urban ambient atmospheres / K. Lee et al. *Aerosol and Air Quality Research*. 2017. Vol. 17. P. 908–919.
15. Cheng M.-D. Classification of Volatile Engine Particles. *Aerosol and Air Quality Research*. 2013. Vol. 13. P. 1411–1422.
16. Молодець Ю. А. Дослідження питання щодо нормування дрібнодисперсного пилу в гірничовидобувній промисловості. *Проблеми охорони праці, промислової та цивільної безпеки*. 2017. С. 154–157.
17. Давиденко Г. М. Гігієнічна оцінка небезпеки здоров'ю населення від забруднення атмосферного повітря зваженими частками пилу : дис. ... канд. біол. наук : 14.02.01 / Інститут громадського здоров'я ім. О. М. Марзєєва НАМНУ. Київ, 2017. 147 с.
18. Influence of sea breeze circulation and road traffic emissions on the relationship between particle number, black carbon, PM₁, PM_{2.5} and PM_{2.5–10} concentrations in a coastal city / S. Rodriguez et al. *Atmospheric Environment*. 2008. Vol. 42. P. 6523–6534.
19. Дослідження впливу забруднення атмосферного повітря на онкологічну захворюваність населення Сумської області / О. Корнус та ін. *Часопис соціально-економічної географії*. 2012. Вип. 13 (2). С. 151–157.
20. Investigating the contribution of shipping emissions to atmospheric PM_{2.5} using a combined source apportionment approach / J. L. Lang et al. *Environmental Pollution*. 2017. Vol. 229. P. 557–566.
21. Березюк О. В. Удосконалення математичної моделі концентрацій забруднювальних речовин у фільтраті полігонів твердих побутових відходів. *Вісник Вінницького політехнічного інституту*. 2016. № 4. С. 28–31.
22. Березюк О. В. Удосконалення математичної моделі питомих енерговитрат очищення ґрунтів полігонів твердих побутових відходів від забруднення важкими металами. *Екологічна безпека як основа сталого розвитку Наукові праці ВНТУ*, 2025, № 2

суспільства. *Європейський досвід і перспективи* : матеріали II Міжнародної науково-практичної конференції. Львів: ЛДУ БЖД, 2015. С. 185-187.

23. Березюк О. В. Використання методу регресійного аналізу при визначенні концентрації бенз[а]пірену в ґрунтах полігонів твердих побутових відходів. *Наукові праці Вінницького національного технічного університету*. 2022. № 1. URL: <https://praci.vntu.edu.ua/index.php/praci/article/view/649/609> (дата звернення: 21.10.2024).

24. Березюк О. В. Регресійний аналіз концентрації нафтопродуктів в ґрунтах полігонів твердих побутових відходів. *Наукові праці Вінницького національного технічного університету*. 2022. № 3. URL: <https://praci.vntu.edu.ua/index.php/praci/article/view/658/622> (дата звернення: 21.10.2024).

25. Березюк О. В., Лемешев М. С., Дудар І. Н. Регресійний аналіз концентрації свинцю в ґрунтах на відстані від полігонів твердих побутових відходів. *Наукові праці Вінницького національного технічного університету*. 2022. № 4. URL: <https://praci.vntu.edu.ua/index.php/praci/article/view/665/627> (дата звернення: 21.10.2024).

26. Крекотень С. Г., Березюк О. В. Вимірювач концентрації вибухонебезпечних газів у повітрі. *Пожезна та техногенна безпека: наука і практика* : матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції курсантів і студентів, 15-16 трав. 2018 р. Черкаси, 2018. С. 162-163.

27. Березюк О. В., Горбатюк С. М., Березюк Л. Л. Залежність поширеності хвороб від відстані між населеним пунктом і полігоном твердих побутових відходів. *Наукові праці Вінницького національного технічного університету*. 2020. № 4. URL: <https://praci.vntu.edu.ua/index.php/praci/article/view/618/580> (дата звернення: 07.03.2025).

28. Козій І. С., Рой І. О., Яхненко О. М., Пономаренко Р. В. Математично-статистичне дослідження впливу дрібнодисперсних твердих забруднюючих речовин на здоров'я людини. *Техногенно-екологічна безпека*. 2021. № 10 (2). С. 23-27.

29. Департамент охорони здоров'я. Основні показники здоров'я та медичної допомоги населенню м. Києва в 2019 році. Київ, 2020. 134 с.

30. Головне управління статистики у м. Києві. Викиди забруднюючих речовин та діоксиду карбону в атмосферне повітря (1990-2019 роки). Київ, 2020. 38 с.

31. Михалевич В. М., Шевчук О. І., Буга Н. Л. Математичні системи комп'ютерної алгебри як засіб підвищення ефективності і якості освітнього процесу з вищої математики. *Сучасні інформаційні технології та інноваційні методики навчання у підготовці фахівців: методологія, теорія, досвід, проблеми* : зб. наук. прац. Випуск 14. Київ-Вінниця : ДОВ «Вінниця», 2007. С. 357-360.

32. Березюк О. В. Комп'ютерна програма "Регресійний аналіз" ("RegAnaliz"). Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 49486. Київ : Державна служба інтелектуальної власності України. Дата реєстрації: 03.06.2013.

33. Березюк О. В. Визначення регресійних залежностей витрат на управління твердими побутовими відходами від рівня доходів населення. *Вісник Вінницького політехнічного інституту*. 2012. № 5. С. 24-26.

34. Березюк О. В., Горбатюк С. М., Березюк Л. Л. Регресійна залежність активності біологічних процесів у твердих побутових відходах від ступеня їхнього ущільнення з часом. *Наукові праці Вінницького національного технічного університету*. 2020. № 2. URL: <https://praci.vntu.edu.ua/index.php/praci/article/view/600/568> (дата звернення: 07.03.2025).

Стаття надійшла до редакції 07.03.2025.

Стаття пройшла рецензування 19.05.2025.

Березюк Олег Володимирович – д-р техн. наук, доцент, професор кафедри безпеки життєдіяльності та педагогіки безпеки, e-mail: berezyukoleg@i.ua.

Вінницький національний технічний університет.

Горбатюк Світлана Михайлівна – канд. біол. наук, доцент, доцент кафедри медичної біології.

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

Гудзевич Людмила Сергіївна – канд. біол. наук, доцент, доцент кафедри біології.

Вінницький державний педагогічний університет ім. М. Коцюбинського.

Шевчук Тетяна Ігорівна – канд. мед. наук, доцент, доцент кафедри медичної біології.

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

Паламарчук Микола Олександрович – аспірант кафедри теплоенергетики

Вінницький національний технічний університет.