УДК 502.3:504.5; 314.14:616-006

О. В. Березюк, д-р техн. наук, доц.; Л. С. Гудзевич, канд. біол. наук, доц.; С. С. Хлєстова, канд. пед. наук, доц.; І. М. Климчук

РЕГРЕСІЙНА ЗАЛЕЖНІСТЬ ЗАХВОРЮВАНОСТІ НАСЕЛЕННЯ М. КИЄВА НА РАК ОРГАНІВ ДИХАННЯ ВІД ЗАБРУДНЕНОСТІ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ БЕНЗ[А]ПІРЕНОМ

Вплив на людину ряду шкідливих антропогенних чинників, включаючи канцерогени, зокрема бенз[а]пірен, може призвести до розвитку онкологічних захворювань. Визначення регресійної залежності показників захворюваності населення на рак органів дихання від забрудненості атмосферного повітря бенз[а]піреном є актуальною науково-технічною задачею. Метою дослідження є визначення регресійної залежності показників захворюваності населення на рак органів дихання від забрудненості атмосферного повітря бенз[а]піреном, 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 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 гіперболічну залежність показників захворюваності населення на рак органів дихання від забрудненості атмосферного повітря бенз[а]піреном, яка може бути використана для прогнозування показників такої захворюваності. Побудовано графічну інтерпретацію залежності показників захворюваності населення на рак органів дихання від забрудненості атмосферного повітря бенз[а]піреном, яка дозволяє наочно проілюструвати цю залежність та показати достатню збіжність теоретичних результатів з фактичними.

Ключові слова: *показники захворюваності, рак органів дихання, хімічне забруднення, концентрація, бенз[а]пірен, атмосферне повітря, регресійний аналіз, регресійна залежність.*

Вступ

Бурхливе удосконалення новітніх промислових технологій та автотранспорту призвело до значних якісних й кількісних змін у складі та обсягах шкідливих викидів у атмосферне повітря. Це спричинило постійний вплив на людину через ряд шкідливих антропогенних чинників, включаючи канцерогени, що може призвести до розвитку онкологічних захворювань [1]. Найбільш важливим аспектом є присутність канцерогенів з класу поліциклічних ароматичних вуглеводнів, зокрема їхнього основного представника – бенз[а]пірену. Ця речовина, яка має властивість бути канцерогеном місцевої дії при інгаляційному впливі, сприяє розвитку злоякісних утворень, переважно в органах дихання. За висновками експертів Міжнародного агентства з вивчення раку, онкопатологія є одним з індикаторів екологічного неблагополуччя території: хімічні канцерогенні фактори навколишнього середовища, побуту та виробництва обумовлюють розвиток майже 80 % усіх злоякісних новоутворень [2].

Постановка проблеми

Згідно з Постановою Кабінету Міністрів України № 303 передбачено перегляд нормативів вмісту забруднюючих речовин у атмосферному повітрі через зміни у національному законодавстві та законодавстві Європейського Союзу щодо обмеження вмісту забруднюючих речовин у відпрацьованих газах та впливу фізичних факторів пересувних джерел

забруднення атмосферного повітря [3]. Згідно з класифікацією Міжнародного агентства з дослідження раку, бенз[а]пірен вважається сполукою, яка безумовно є канцерогенною для людини [4]. Присутність цієї речовини в атмосферному повітрі розглядається фахівцями як один із ключових показників аерогенного канцерогенного навантаження на людину. Тому визначення регресійної залежності показників захворюваності населення на рак органів дихання від забрудненості атмосферного повітря бенз[а]піреном, яка може бути використана для прогнозування показників такої захворюваності, є актуальною науково-технічною задачею.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

В матеріалах роботи [5] встановлено стабільне довготривале забруднення атмосферного повітря населених місць канцерогенами пріоритетних класів: поліциклічних ароматичних вуглеводнів (бенз[а]пірен), нітрозамінів (нітрозодиметиламін та нітрозодіетиламін), важких металів (кадмій, хром, нікель, свинець [6]), формальдегідом.

В роботі [7] наводяться однофакторні математичні моделі концентрацій для кожної окремої із пріоритетних забруднюючих речовин у фільтраті полігонів ТПВ. В статті [8] отримано удосконалену математичну модель концентрації забруднюючих речовин у фільтраті полігонів твердих побутових відходів, яка може бути використана під час розробки стратегії, комплексу машин та обладнання для поводження з твердими побутовими відходами.

В статті [9] визначено логарифмічні регресійні залежності питомих енерговитрат очищення ґрунтів полігонів твердих побутових відходів через забруднення важкими металами від зменшення концентрацій кадмію, свинцю та цинку, які використані для побудови математичної моделі питомих енерговитрат очищення ґрунтів полігонів від забруднення важкими металами. В роботі [10] запропоновано удосконалену математичну модель питомих енерговитрат очищення ґрунтів полігонів твердих побутових відходів від забруднення важкими металами, яка може бути використана під час розробки стратегії, комплексу машин та обладнання для поводження з ТПВ. Визначено логарифмічні регресійні залежності 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.

В статті [11] зазначено, що найбільш токсичною речовиною (серед забруднюючих речовин першого класу небезпеки) є представник класу поліциклічних ароматичних вуглеводнів – бенз[а]пірен, який вже в нанокількості здатний надавати на живі організми канцерогенні, мутагенні та інші негативні впливи.

Автором статті [12] запропонована методика інженерних розрахунків, яка може бути використана під час проведення практичного заняття «Дослідження забруднення навколишнього середовища твердими побутовими відходами та розрахунок параметрів машин та обладнання для мінімізації негативного впливу на нього» з дисципліни безпека життєдіяльності, що сприятиме поглибленню знань з питань охорони навколишнього природного середовища майбутніх фахівців.

В матеріалах роботи [13] розглянуто перспективи використання радіоелектронних пристроїв для вимірювання параметрів забруднення навколишнього середовища, а в роботі [14] запропоновано функціональну схему системи газового аналізу для контролю забруднення атмосферного повітря, а також виконано її програмну реалізацію.

В матеріалах роботи [15] наведено концентрації бенз[а]пірену в ґрунтах Миколаївського полігону ТПВ (с. Велика Корениха Миколаївської області), отримані за допомогою методу високоефективної рідинної хроматографії. В статті [16] використано метод регресійного

аналізу при визначенні регресійної гіперболічної залежності концентрації бенз[а]пірену в ґрунтах полігону твердих побутових відходів від глибини вимірювання, за допомогою якої визначено, що небезпечна глибина хімічного забруднення бенз[а]піреном ґрунтів полігону твердих побутових відходів складає 152 мм.

В роботі [1] наведено показники захворюваності населення м. Київ на рак органів дихання для різних значень концентрації бенз[а]пірену в атмосферному повітрі.

Мета і завдання статті

Метою цієї статті є визначення регресійної залежності показників захворюваності населення на рак органів дихання від забрудненості атмосферного повітря бенз[а]піреном, яка може бути використана для прогнозування показників такої захворюваності.

Методи і матеріали

Для визначення регресійної залежності показників захворюваності населення на рак органів дихання від забрудненості атмосферного повітря бенз[а]піреном використано такі методи: регресійний аналіз результатів однофакторних експериментів та інших парних залежностей, комп'ютерне моделювання.

Результати досліджень

У таблиці 1 показані показники захворюваності населення м. Київ на рак органів дихання для різних значень концентрації бенз[а]пірену в атмосферному повітрі [1]. На основі даних таблиці 1 планувалось отримати парну регресійну залежність показників захворюваності населення на рак органів дихання від забрудненості атмосферного повітря бенз[а]піреном.

Таблиця 1

Концентрації бенз[а]пірену в ґрунтах полігону ТПВ [1]

Концентрація бенз[а]пірену $C_{20}H_{12}$ в атмосферному повітрі, нг/м^3	1,99	2,65	2,82	3,00	3,09	3,18
Поширеність захворюваності населення на рак органів дихання на 100 тис. населення	24,5	28,5	34,4	26,5	26,2	35,7
Концентрація бенз[а]пірену $C_{20}H_{12}$ в атмосферному повітрі, нг/м^3	3,57	3,79	3,97	4,10	4,81	
Поширеність захворюваності населення на рак органів дихання на 100 тис. населення	30,8	31,6	31,8	37,7	38,1	

Регресія проводилась на основі лінеаризувальних перетворень, що дозволяють звести нелінійну залежність до лінійної. Визначення коефіцієнтів рівнянь регресії здійснювалась методом найменших квадратів [17] за допомогою розробленої комп’ютерної програми "RegAnaliz" [18], яка захищена свідоцтвом про реєстрацію авторського права на твір, і детально описана в роботі [19].

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 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:

$$П_{РОД} = \frac{C_{БП}}{0{,}04961 + 0{,}01694 C_{БП}} \text{ [вип. на 100 тис. нас.]}, \quad (1)$$

де $П_{РОД}$ – поширеність захворюваності населення на рак органів дихання, вип. на 100 тис. нас; $C_{БП}$ – концентрація бенз[а]пірену $C_{20}H_{12}$ в атмосферному повітрі, нг/м^3.

Таблиця 2

Результати регресійного аналізу залежності показників захворюваності населення на рак органів дихання від забрудненості атмосферного повітря бенз[а]піреном

№	Вид регресії	Коефіцієнт кореляції R	№	Вид регресії	Коефіцієнт кореляції R
1	$y = a + bx$	0,73041	9	$y = ax^b$	0,73349
2	$y = 1 / (a + bx)$	0,73504	10	$y = a + b \cdot \lg x$	0,72412
3	$y = a + b / x$	0,70527	11	$y = a + b \cdot \ln x$	0,72412
4	$y = x / (a + bx)$	0,78037	12	$y = a / (b + x)$	0,73504
5	$y = ab^x$	0,73327	13	$y = ax / (b + x)$	0,73572
6	$y = ae^{bx}$	0,73327	14	$y = ae^{b / x}$	0,72088
7	$y = a \cdot 10^{bx}$	0,73327	15	$y = a \cdot 10^{b / x}$	0,72088
8	$y = 1 / (a + be^{-x})$	0,71440	16	$y = a + bx^n$	0,72544

На рис. 1 показано фактичну та теоретичну графічну залежність показників захворюваності населення на рак органів дихання від забрудненості атмосферного повітря бенз[а]піреном.

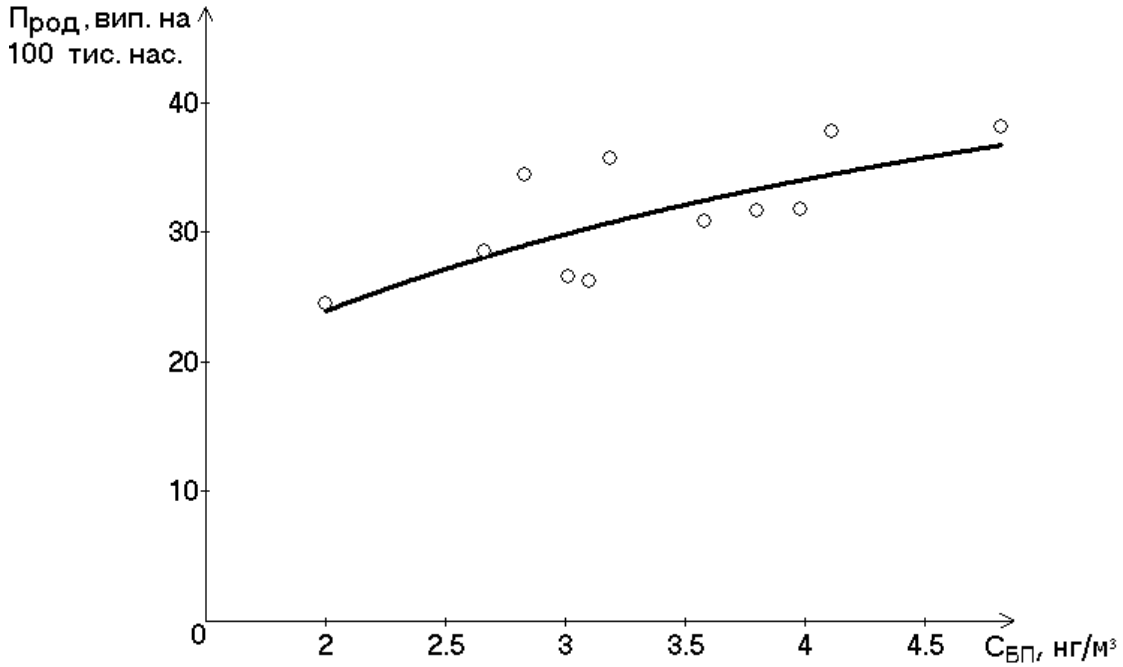

Рис. 1. Зміна показників захворюваності населення на рак органів дихання від забрудненості атмосферного повітря бенз[а]піреном

Порівняння фактичних та теоретичних даних показало, що теоретична поширеність захворюваності населення на рак органів дихання від забрудненості атмосферного повітря бенз[а]піреном, розрахована за допомогою рівняння регресії (1), несуттєво відрізняються від даних, наведених в роботі [1], що підтверджує визначену раніше достатню точність отриманої залежності.

Висновки

1. Визначено регресійну залежність показників захворюваності населення на рак органів дихання від забрудненості атмосферного повітря бенз[а]піреном, яка може бути використана для прогнозування показників такої захворюваності.

2. Побудовано графічну залежність показників захворюваності населення на рак органів дихання від забрудненості атмосферного повітря бенз[а]піреном, яка дозволяє наочно проілюструвати цю залежність та показати достатню збіжність теоретичних результатів з фактичними.

3. Встановлено, що поширеність захворюваності населення на рак органів дихання зростає при збільшенні концентрація бенз[а]пірену в атмосферному повітрі за гіперболічною залежністю.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Черниченко І. О. Особливості прояву впливу бенз/а/пірену на онкозахворюваність органів дихання населення / І. О. Черниченко, О. М. Литвиченко // Довкілля та здоров'я. – 2009. – № 4 (51). – С. 22 – 25.

2. Steward B. W. World cancer report / B. W. Steward, P. Kleinhnes (ed). – Lyon : JARC Press, 2003. – 351 p.

3. Кабінет Міністрів України. Постанова № 303 "Про затвердження Порядку розроблення та затвердження нормативів вмісту забруднюючих речовин у відпрацьованих газах та впливу фізичних факторів пересувних джерел забруднення атмосферного повітря" [Електронний ресурс] 13 березня 2002. Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/303-2002-%D0%BF#Text.

4. ГН 1.1.2.123-2006. Перелік речовин, продуктів, виробничих процесів, побутових та природних факторів, канцерогенних для людини. – К.: МОЗ України, 2006. – 17 с.

5. Наукове обґрунтування методичних підходів та принципів визначення внеску канцерогенних речовин повітряного середовища у формування онкологічної захворюваності / І. О. Черниченко, О. М. Литвиченко, Л. С. Соверткова [та ін.] // Актуальні питання захисту довкілля та здоров'я населення України : колективна монографія. – Київ: Національна академія медичних наук України, 2017. – С. 37 – 71.

6. 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: Плеяда, 2017. – С. 20 – 24.

7. The principal directions of using information technologies in the sphere of management movement MSW / Y. Vaisman, Yu. Kulicova, O. Tagilova [et al.] // PNRPU Bulletin. Urban development. – 2013. – № 1 (9). – P. 147 – 164.

8. Березюк О. В. Удосконалення математичної моделі концентрацій забруднювальних речовин у фільтраті полігонів твердих побутових відходів / О. В. Березюк // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2016. – № 4. – С. 28 – 31.

9. 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.

10. Березюк О. В. Удосконалення математичної моделі питомих енерговитрат очищення ґрунтів полігонів твердих побутових відходів від забруднення важкими металами / О. В. Березюк // Матеріали ІІ Міжнародної науково-практичної конференції «Екологічна безпека як основа сталого розвитку суспільства. Європейський досвід і перспективи». – Львів: ЛДУ БЖД, 2015. – С. 185 – 187.

11. Assessment of Changes in the Biological Activity of Mountainous Meadow-Steppe Soils under Pastures of Different Degradation Stages in the Central Caucasus / F. V. Gedgafova, O. N. Gorobtsova, T. S. Uligova [et al.] // Eurasian Soil Science. – 2023. – № 56 (6). – P. 830 - 839.

12. Березюк О. В. Впровадження практичного заняття «Дослідження забруднення навколишнього середовища твердими побутовими відходами та розрахунок параметрів машин та обладнання для мінімізації негативного впливу на нього» з дисципліни безпека життєдіяльності / О. В. Березюк // Педагогіка безпеки. – 2018. – № 1. – С. 29 – 36. – https://doi.org/10.31649/2524-1079-2018-3-1-029-036.

13. Радіоелектронні пристрої для вимірювання параметрів забруднення навколишнього середовища [Електронний ресурс] / О. В. Березюк, С. О. Титарчук // Електронне наукове видання матеріалів XLIII регіональної науково-технічної конференції професорсько-викладацького складу, співробітників та студентів ВНТУ. – 2014. – Режим доступу : http://conf.vntu.edu.ua/allvntu/2014/inmt/txt/Tytarchuk.pdf.

14. Система газового аналізу для контролю забруднення атмосферного повітря [Електронний ресурс] / О. В. Березюк, І. А. Дудатьєв, Ю. О. Мазур // Електронне наукове видання матеріалів XL регіональної науково-технічної конференції професорсько-викладацького складу, співробітників та студентів ВНТУ. – 2011. – Режим доступу: http://conf.vntu.edu.ua/allvntu/2011/inmt/txt/dudatiev.pdf.

15. Кулічкова А. О. Дослідження фільтрату на полігоні ТПВ м. Миколаїв / А. О. Кулічкова, Л. М. Маркіна // Актуальні проблеми сучасної хімії : зб. матеріалів доп. учасн. III Всеукраїнської наук.-практ. конф. – Миколаїв, 2019. – С. 143 – 146.

16. Використання методу регресійного аналізу при визначенні концентрації бенз[а]пірену в грунтах полігонів твердих побутових відходів [Електронний ресурс] / О. В. Березюк // Наукові праці Вінницького національного технічного університету. – 2022. – № 1. – Режим доступу до журналу: https://praci.vntu.edu.ua/index.php/praci/article/view/649/609.

17. Михалевич В. М. Математичні системи комп'ютерної алгебри як засіб підвищення ефективності і якості освітнього процесу з вищої математики / В. М. Михалевич, О. І. Шевчук, Н. Л. Буга // Сучасні інформаційні технології та іноваційні методики навчання у підготовці фахівців: методологія, теорія, досвід, проблеми // Зб. наук. прац. – Випуск 14 / Редкол. : І. А. Зязюн (голова) та ін. – Київ-Вінниця : ДОВ «Вінниця», 2007. – С. 357 - 360.

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

19. Березюк О. В. Определение регрессии коэффициента уплотнения твердых бытовых отходов от высоты полигона на основе компьютерной программы "RegAnaliz" / О. В. Березюк // Автоматизированные технологии и производства. – 2015. – № 2 (8). – С. 43 – 45.

Стаття надійшла до редакції 02.02.2024.
Стаття пройшла рецензування 27.02.2024.

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

Гудзевич Людмила Сергіївна – канд. біол. наук, доцент, доцент кафедри біології.
Вінницький державний педагогічний університет ім. М. Коцюбинського.

Хлєстова Світлана Святославівна – канд. пед. наук, доцент, доцент кафедри медичної біології.

Климчук Ірина Миколаївна – асистент кафедри медичної біології.
Вінницький національний медичний університет ім. М. І. Пирогова.