

has been shown that the cataphoric charge formed during the movement of a fluid is present in the volume of the liquid for a long time, and this time is much longer than that obtained by calculation from known dependencies.

Keywords: hydrocarbon dielectric fluids, electrostatic charge, cataphoric charge, field strength.

DOI: 10.29295/2311-7257-2019-96-2-413-422

УДК 504.75:574:614.253.81

Рибалова О.В.¹, Бригада О.В.¹, Коробкіна К.М.¹, Крайнюков О.М.², Мірошниченко І.М.³

*Національний університет цивільного захисту України¹,
(вул. Чернишевська, 94, Харків, 61023, Україна; e-mail: olgarybalova@ukr.net; ebrigada@gmail.com; korobkinak33@ukr.net; orcid.org/0000-0002-8798-4780, orcid.org/0000-0001-5777-8516)*

*Харківський національний університет ім. В. Н. Каразіна²,
(майдан Свободи, 4, Харків, 61000, Україна; e-mail: alkraynukov@gmail.com)
Науково-дослідна установа «Український науково-дослідний інститут екологічних проблем»³
(вул. Бакуліна, 6, Харків, 61166, Україна; e-mail: zander3pike5@gmail.com)*

ВИЗНАЧЕННЯ НЕБЕЗПЕКИ ВПЛИВУ ЛІСОВИХ ПОЖЕЖ НА ЯКІСНИЙ СТАН ҐРУНТІВ

Стаття присвячена визначенню впливу лісових пожеж на вміст хімічних забруднюючих речовин в ґрунті. Представлено новий метод інтегральної оцінки забруднення ґрунтів хімічними речовинами, що представляє наукову новизну роботи. Дана оцінка небезпеки забруднення ґрунтів внаслідок лісової пожежі. Значення інтегрального показника вмісту хімічних речовин у ґрунті (ІPCS) до лісової пожежі відповідає 2 класу (добрий стан), а після пожежі – 4 класу (поганий стан). Рангування хімічних речовин за значенням поелементного індексу забруднення ґрунтів (PCS) показало, що найбільшу небезпеку викликає вміст в ґрунті марганцю і цинку. Потрапляння в підземні і поверхневі води хімічних речовин, особливо важких металів, є надзвичайно небезпечним. Дана оцінка ризику для здоров'я населення за новою авторською методикою. Значення ризику для здоров'я населення після лісової пожежі відповідають 3 класу небезпеки (значний вплив на здоров'я). Визначення рівня небезпеки забруднення ґрунтів хімічними речовинами внаслідок лісової пожежі вказує на необхідність впровадження природоохоронних заходів.

Ключові слова: лісові пожежі, ґрунт, інтегральна оцінка, забруднюючі речовини, важкі метали, ризик для здоров'я населення.

Вступ. Проблема виникнення пожеж і мінімізації їх наслідків є глобальною за своїми масштабами, бо щорічно на Землі виникає близько 7 мільйонів пожеж. В Україні в середньому на рік буває близько 3,5 тис. лісових пожеж, які знищують більше 5 тис. гектарів лісу. В найбільшій небезпеці знаходяться північний та східний регіони України, де щорічно буває в середньому відповідно 37 і 40% усіх лісових пожеж [1].

В 2018 року в Україні зареєстровано 78608 пожеж. Порівняно з аналогічним періодом 2017 року спостерігається зменшення кількості пожеж на 5,4 %. Упродовж 2018 року в природних екосистемах та на відкритих територіях виникла 37181

пожежа (у 2017 році – 42214, у порівнянні з минулим роком відбулося зменшення їх кількості на 11,9 %), що становить 47,3 % від загальної кількості пожеж. Прямі збитки збільшились на 0,3 % склали 53 млн 983 тис. грн. Побічні збитки збільшились на 6,9 % і склали 1 млрд. 626 млн 226 тис. грн. Внаслідок пожеж на цих об'єктах загинуло 36 людей (у 2018 році – 40 людей), 70 людей проти 99 отримали травми [2].

Лісові пожежі є не тільки лихом для населення, а й важливим чинником локальної, регіональної та навіть глобальної екологічної динаміки, що проявляється, наприклад, в обумовлених пожежами викидах в атмосферу парникових газів і

аерозолів або забрудненні ґрунтів важкими металами.

В роботі [3] наведено аналіз причин виникнення лісових пожеж і негативних наслідків для екосистеми. До негативних дій на стан екосистем віднесено тепловий вплив, вплив газових продуктів горіння, диму і викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря.

Лісові пожежі істотно впливають на екологію лісів, формування кругообігу вуглецю, тепловий режим ґрунту, забруднення поверхневих і підземних вод, а також завдають великої шкоди рослинному і тваринному світу. Через пожежі різко погіршуються умови природного відновлення лісів, вони призводять до утворення пустирів, зміни хвойних порід деревостанами малоцінних листяних порід. Особливо важкі наслідки лісові пожежі завдають в районах поширення нестійких екосистем.

Скорочення кормової бази в результаті лісових пожеж, викликає масову міграцію і скорочення чисельності диких тварин. Лісові пожежі погіршують також санітарний стан лісів, знижують їх стійкість до пошкоджень шкідниками і хворобами [4].

Особливо небезпечні пожежі для молодих лісів, які розташовані на відкритому місці серед лугів і полів. Дуже багато лісові посадки, особливо в найбільш сухих південних районах країни, гинуть в результаті пошкодження трав'яними пожежами, що виникають через необережне поводження з вогнем або умисний підпал трави.

Лісові пожежі знищують тваринний і рослинний світ, викликають ерозію ґрунту, змінюють режими річок, призводять до істотних економічних втрат і негативних екологічних наслідків [5].

Екологічні наслідки від лісових пожеж полягають в забрудненні атмосферного повітря вуглекислим газом і продуктами піролізу лісових горючих матеріалів, вигорання кисню. У загальній масі антропогенних забруднень повітря найбільшу значну дозу складають оксиди вуглецю.

Екологічне значення втрат вуглецю в процесах горіння і розкладання органіки

після пожеж залежить від масштабів пожежі, а також часу, протягом якого співтовариства рослинності відновлюються після руйнування.

З лісовими пожежами в повітря потрапляють частинки сажі, тобто вуглець і продукти неповного згорання деревини. Різні органічні речовини, в числі яких багато фенольних сполук, які мають мутагенні і канцерогенні властивості. Внаслідок лісових пожеж ґрунт забруднюється хімічними речовинами, в тому числі важкими металами, що призводить до деградації екосистем.

В роботі [6] показано негативні наслідки лісових пожеж на фізико-хімічні і морфологічні характеристики ґрунтів. Автор стверджує, що у поверхневих горизонтах ґрунтів борових терас підвищується концентрація важких металів в декілька разів і перевищує фонові значення внаслідок мінералізації лісової підстилки від згорання трав'янистої рослинності [6].

Забруднення важкими металами є головною екологічною проблемою, яка загрожує рослинам, тваринам і здоров'ю людини, а також якості навколишнього середовища. Важкі метали можуть повільно потрапляти в рослини, тварини і людини через повітря, воду, а також розвиток харчового ланцюга протягом певного періоду часу [7].

Токсичність металів має прямі наслідки для флори, яка є невід'ємною частиною екосистем. Змінюються біохімічні, фізіологічні та метаболічні процеси в рослинах, які ростуть у регіонах з високим рівнем забруднення металами. Накопичення важких металів може привести до значного токсичного впливу на компоненти довкілля і здоров'я людей.

Дослідження [8, 9] встановили, що накопичення кадмію в рослинах має особливе значення, так як він осідає у високій концентрації на листках, які можуть бути використані для харчування тварин або людей.

Мікроорганізми відіграють ключову роль в підтримці родючості ґрунту за допомогою органічного розпаду матерії і круговороту поживних речовин. Однак, їх кількість може значно зменшуватися при

впливі таких стрес-факторів, як екстремальні температури, рН, солоність і хімічне забруднення [10].

Життєздатність мікроорганізмів знижується зі збільшенням рівня забруднення важкими металами. Дослідження вчених [11] показали, що забруднення важкими металами ґрунту справило значний вплив на структуру співтовариства мікроорганізмів. Відповідно до висновків вчених, негативні кореляції спостерігалися між ґрунтовою мікробною біомасою і концентраціями важких металів.

Дослідження [12] вказують на те, що наявність важких металів часто тягне за собою зменшення частоти дихання ґрунтів і спостерігається негативна кореляція між мікробним ґрунтовим диханням і вмістом важких металів.

Важкі метали можуть істотно вплинути на екосистеми ґрунту. У своєму дослідженні J. Pan і L. Yu [13] показали, що забруднення важкими металами негативно впливає на активність ґрунтових ферментів, а також зменшує мікробне населення ґрунту.

Забруднення важкими металами робить негативний вплив на процеси нітрифікації, що в свою чергу, впливає на мінералізацію. Зі збільшенням концентрації важких металів процеси нітрифікації знижуються.

Таким чином, дослідження впливу лісових пожеж на вміст хімічних забруднюючих речовин, особливо важких металів в ґрунті є дуже актуальною задачею.

Небезпека впливу лісових пожеж на екосистему і на здоров'я людини обумовлює необхідність розробки методів інтегральної оцінки хімічного забруднення ґрунтів.

Мета. Метою дослідження є визначення небезпеки хімічного забруднення ґрунтів внаслідок лісової пожежі.

Сучасні методи оцінки забруднення ґрунтів. Перспективними для оцінки екологічного стану ґрунтів є застосування ГІС-технологій. Так, спосіб діагностики ґрунтового покриву за даними дистанційної інформації російських фахівців (Pat. na poleznuyu model 2327987 RU, 2008), включає проведення космічної зйомки,

обробку отриманих даних, збір тематичних картографічних матеріалів та проведення вибіркового наземного дослідження. На підставі отриманих даних діагностують стан ґрунтового покриву [14]. Але цей метод не дозволяє кількісно оцінити небезпеку забруднення ґрунтів хімічними речовинами.

Українські науковці розробили метод комплексної оцінки забруднення атмосферного повітря та ґрунтів викидами промислових підприємств [15]. На основі використання ГІС-систем, проводять інвентаризацію джерел викидів промислових підприємств, далі визначають концентрацію розсіювання забруднюючих речовин у повітрі, формують відповідну базу даних, на підставі якої створюють електронні карти розповсюдження забруднюючих речовин у повітрі та твердих частинок в ґрунті, шляхом використання ГІС проводять аналіз просторової інформації, на підставі якого здійснюють висновок про рівень забруднення в будь-якій точці площі в зоні впливу підприємств. Рівень забруднення ґрунтів порівнюють з відповідними ГДК та з фоновими значеннями [15]. Цей метод доцільно використовувати для визначення причин забруднення ґрунтів.

Метод екологічної оцінки забруднення довкілля важкими металами базується на результатах виділення з ґрунтів водорозчинних та рухомих форм важких металів. Визначають у породах, ґрунтах, донних відкладах та твердих промислових відходах суму водорозчинних та рухомих форм для кожного металу. Ступінь токсичності промислових відходів оцінюють за сумарною кількістю цих форм і порівнюють одержані результати з ГДК для рухомих форм металів у ґрунті, за перевищенням ГДК яких визначають наявність довготривалого забруднення [16].

Для визначення рівня небезпеки забруднення ґрунтів важкими металами найбільш розповсюдженим методом є сумація кратності перевищення відповідних ГДК.

Відповідно до методичних вказівок [17] сумарний показник хімічного забруднення ґрунтів (Z_c) розраховується за формулою:

$$Z_c = \sum_{j=1}^n K_c - (n - 1) \quad (1)$$

де n – кількість забруднюючих речовин;
 K_c – коефіцієнт концентрацій забруднюючих речовин, який визначається за формулою:

$$K_c = \frac{C_i}{C_{\phi i}} \quad (2)$$

де $C_{\phi i}$ – фонові концентрації i -ої забруднюючої речовини в ґрунті, мг/кг.

Для забруднювачів неприродного походження $C_{\phi i}$ – ГДК i -ої речовини.

Недоліком інтегральної оцінки хімічного забруднення ґрунтів, яка представлена в [17] і широко використовується фахівцями України, є відсутність врахування класу небезпеки речовини і крім того, незрозуміло навіть віднімати кількість забруднюючих речовин від суми коефіцієнтів концентрацій хімічних елементів в формулі (1).

В роботі [18] запропоновано оцінювати рівень хімічного забруднення ґрунтів з урахуванням класу небезпеки речовин за наступною формулою:

$$IS = \sum_{n1} 4 \times \frac{C_i^1}{C_{\phi i}^1} + \sum_{n2} 3 \times \frac{C_i^2}{C_{\phi i}^2} + \sum_{n3} 2 \times \frac{C_i^3}{C_{\phi i}^3} + \sum_{n4} \frac{C_i^4}{C_{\phi i}^4} \quad (3)$$

де IS – інтегральний показник забруднення ґрунтів важкими металами, безрозмірна величина; C_i^1 – концентрація i -ої забруднюючої речовини в ґрунті 1 класу небезпеки, мг/кг; $C_{\phi i}^1$ – фонові концентрації i -ої забруднюючої речовини в ґрунті 1 класу небезпеки, мг/кг; n_1 – кількість забруднюючих речовин в ґрунті 1 класу небезпеки; C_i^2 – концентрація i -ої забруднюючої речовини в ґрунті 2 класу небезпеки, мг/кг; $C_{\phi i}^2$ – фонові концентрації i -ої забруднюючої речовини в ґрунті 2 класу небезпеки, мг/кг; n_2 – кількість забруднюючих речовин в ґрунті 2 класу небезпеки; C_i^3 – концентрація i -ої забруднюючої речовини в ґрунті 3 класу небезпеки, мг/кг; $C_{\phi i}^3$ – фонові концентрації i -ої забруднюючої речовини в ґрунті 3 класу небезпеки, мг/кг; n_3 – кількість забруднюючих речовин в ґрунті 3 класу небезпеки; C_i^4 – концентрація i -ої забруднюючої речовини в ґрунті 4 класу небезпеки, мг/кг; $C_{\phi i}^4$ – фонові концентрації i -ої забруднюючої речовини в ґрунті 4 класу небезпеки, мг/кг; n_4 – кількість забруднюючих речовин в ґрунті 4 класу небезпеки.

Нова методика інтегральної оцінки екологічного стану ґрунтів, що представлена вище, призначена для її застосування при визначенні рівня забрудненості ґрунтів хімічними речовинами.

До переваг цього підходу можна віднести, по-перше, врахування класу небезпеки забруднюючих речовин шляхом введення коефіцієнтів: 4 для найбільш загрозливого 1 класу небезпеки, 3 для 2 класу небезпеки і 2 для 3 класу небезпеки, що дозволяє дійсно оцінити ступень небезпеки вмісту хімічних речовин в ґрунті як для екосистеми, так і опосередковано для здоров'я населення.

По-друге, кратність перевищення досліджуваних концентрацій забруднюючих речовин відноситься до фонових концентрацій, а не до їх гранично-допустимих концентрацій (ГДК), які можуть суттєво відрізнятися для різних типів ґрунтів.

Але до розрахунку інтегрального показника забруднення ґрунтів (IS) приймаються тільки речовини, які перевищують фонову концентрацію. Вважаємо за потрібне удосконалення цього методу визначення рівня небезпеки забруднення ґрунтів хімічними речовинами.

Методи досліджень. Забруднюючі речовини з ґрунту потрапляють в рослини, поверхневі і підземні води, тому пропонуємо з метою визначення небезпеки забруднення ґрунтів хімічними речовинами визначати кратність перевищення транслокаційних ГДК з урахуванням класу небезпеки. Транслокаційний показник характеризує здатність речовини переходити з орного шару через кореневу систему рослин і накопичуватися в зеленій масі та плодах у кількості, що не перевищує ГДК для даної речовини в харчових продуктах.

Інтегральний показник хімічного забруднення ґрунтів ($IPCS$) пропонуємо визначати за формулою:

$$IPCS = \sum_n j \times \frac{C_i}{C_{ГДК i}} \quad (4)$$

де j – коефіцієнт, який враховує клас небезпеки речовини: для 1 класу – 2,35; для 2 класу – 1,28; для 3 класу – 1; для інших речовин – 0,87; C_i – концентрація i -ої забруднюючої речовини в ґрунті, мг/кг; $C_{ГДК i}$ – транслокаційна гранично-допустима

концентрація (ГДК_{тр}) і-ої забруднюючої речовини в ґрунті, мг/кг.

Рівень забруднення ґрунтів хімічними речовинами пропонуємо визначати за табл. 1.

Таблиця 1 – Характеристика забруднення ґрунтів хімічними речовинами

Інтегральний показник забруднення ґрунтів хімічними речовинами (IPCS)	Клас екологічної небезпеки	Стан ґрунтів
< 2	1	Дуже добрий
2,1 – 5	2	Добрий
5,1 – 7	3	Задовільний
7,1 – 10	4	Поганий
> 10	5	Дуже поганий

Пропонуємо цей методичний підхід використовувати не тільки для визначення небезпечного впливу лісових пожеж на якісний стан ґрунтів, але і для визначення рівня небезпеки хімічного забруднення ґрунтів.

Вплив хімічного забруднення ґрунтів на здоров'я населення внаслідок лісової пожежі може відбуватися шляхом потрапляння у їжу лісових лікарських рослин, грибів, ягід, тощо.

Відповідно до методичного підходу американського агентства охорони навколишнього природного середовища Environmental Protection Agency (EPA) до оцінки ризику для здоров'я населення визначаються окремо пероральний, наскірний та інгаляційний шляхи потрапляння в організм людини [19]. Цей методичний підхід застосовується в багатьох країнах світу, навіть у вигляді нормативного документу в Росії [20]. Але вважаємо, що для оцінювання ризику для здоров'я населення від забруднення ґрунтів хімічними речовинами внаслідок лісової пожежі більш підходить метод, який представлено в роботі [21].

Відповідно до представленого в роботі [21] методу ризик для здоров'я населення від впливу забруднення ґрунтів важкими металами на визначається за формулою:

$$P_{\text{robit}} = -1,32 + 1,45 \lg \frac{C_i}{C_{\text{ГДКВ}}}, \quad (5)$$

де C_i – концентрація і-ої забруднюючої речовини в ґрунті, мг/кг; $C_{\text{ГДКВ}}$ – транслокаційна гранично-допустима концентрація (ГДК_{тр}) і-ої забруднюючої речовини в ґрунті, мг/кг.

Нормально-ймовірнісний розподіл при взаємозв'язку пробітів і ризику наведено в табл. 2 [21-23].

Таблиця 2 – Нормально-ймовірнісний розподіл при взаємозв'язку пробітів і ризику

Prob	Risk	Prob	Risk
-3,0	0,001	0,1	0,540
-2,5	0,006	0,2	0,579
-2,0	0,023	0,3	0,618
-1,9	0,029	0,4	0,655
-1,8	0,036	0,5	0,692
-1,7	0,045	0,6	0,726
-1,6	0,055	0,7	0,758
-1,5	0,067	0,8	0,788
-1,4	0,081	0,9	0,816
-1,3	0,097	1,0	0,841
-1,2	0,115	1,1	0,864
-1,1	0,136	1,2	0,885
-1,0	0,157	1,3	0,903
-0,9	0,184	1,4	0,919
-0,8	0,212	1,5	0,933
-0,7	0,242	1,6	0,945
-0,6	0,274	1,7	0,955
-0,5	0,309	1,8	0,964
-0,4	0,345	1,9	0,971
-0,3	0,382	2,0	0,977
-0,2	0,421	2,5	0,994
-0,1	0,460	3,0	0,999
0,0	0,50	–	–

Ризик для здоров'я населення визначається для кожної забруднюючої речовини. Для території, що досліджується, визначається сумарний ризик за правилом множення ймовірностей, де як множник виступають не величини ризику здоров'ю, а значення, що характеризують ймовірність його відсутності [22]:

$$Risk_{\text{сум}} = 1 - (1 - Risk_1) (1 - Risk_2) \dots (1 - Risk_n), \quad (6)$$

де $Risk_{\text{сум}}$ – ризик комплексного впливу забруднення ґрунтів хімічними речовинами на здоров'я населення; $Risk_1, \dots, Risk_n$ – ризик впливу кожної окремої забруднюючої речовини.

Рівень небезпеки за оцінкою ризику для здоров'я населення в роботі [20] запропоновано визначати за табл. 3.

Таблиця 3 – Характеристика ризику для здоров'я населення від забруднення ґрунтів хімічними речовинами

Значення ризику для здоров'я населення (Risk)	Клас небезпеки	Характеристика ризику
0,01-0,19	1	Незначний ризик для здоров'я населення
0,20-0,39	2	Підвищений ризик для здоров'я населення
0,40-0,59	3	Значний ризик для здоров'я населення
0,60-0,79	4	Високий ризик для здоров'я населення
0,80-1,00	5	Небезпечний ризик для здоров'я населення

Таблиця 4 – Інтегральна оцінка хімічного забруднення ґрунтів внаслідок лісової пожежі

Назва речовини, рухомі форми	Концентрація (С)	ГДК тр	С/ГДКтр	J коефіцієнт, який враховує клас небезпеки	PCS Поелементний індекс хімічного забруднення ґрунтів	Клас екологічної небезпеки
до пожежі						
Марганець (Mn), мг/кг	65	220	0,30	1	0,30	2
Мідь (Cu), мг/кг	0,9	3,5	0,26	1,28	0,33	
Цинк (Zn), мг/кг	4,3	23	0,19	2,35	0,44	
Нікель (Ni), мг/кг	2	6,7	0,30	1,28	0,38	
Хром (Cr), мг/кг	2	6	0,33	1,28	0,43	
Свинець (Pb), мг/кг	3,2	35	0,09	2,35	0,21	
Інтегральний показник хімічного забруднення ґрунтів (IPCS)					2,09	
після пожежі						
Марганець (Mn), мг/кг	670	220	3,05	1	3,05	4
Мідь (Cu), мг/кг	1,9	3,5	0,54	1,28	0,69	
Цинк (Zn), мг/кг	20	23	0,87	2,35	2,04	
Нікель (Ni), мг/кг	2,8	6,7	0,42	1,28	0,53	
Хром (Cr), мг/кг	2,9	6	0,48	1,28	0,62	
Свинець (Pb), мг/кг	4,5	35	0,13	2,35	0,30	
Інтегральний показник хімічного забруднення ґрунтів (IPCS)					7,24	

Таким чином, пропонуємо визначити рівень екологічної небезпеки забруднення ґрунтів внаслідок лісових пожеж за інтегральним показником хімічного забруднення ґрунтів (IPCS) і оцінкою ризику для здоров'я населення.

Результати дослідження. Для визначення впливу лісових пожеж на забруднення ґрунтів важкими металами відібрані проби ґрунтів до та після пожежі. Вміст важких металів визначено атомно-абсорбційною спектрофотометрією з полум'яною атомізацією на приладі Hitachi Z-8000. Результати визначення інтегрального показника хімічного забруднення ґрунтів (IPCS) за формулою (4) наведено в табл. 4.

Як показують результати розрахунків, до пожежі значення інтегрального показника хімічного забруднення ґрунтів (IPCS) відповідає 2 класу (добрий стан), після пожежі – 4 класу (поганий стан).

Рангування хімічних речовин за значенням поелементного індексу хімічного

забруднення ґрунтів (PCS) показало, що найбільшу небезпеку викликає вміст в

грунті марганцю і цинку. В значенні інтегрального показника хімічного забруднення ґрунтів (IPCS) вміст марганцю складає 42 %, а вміст цинку – 28% (рис. 1).

Хімічне забруднення ґрунтів негативно впливає на здоров'я населення. В табл. 5 представлена оцінка ризику для здоров'я населення внаслідок забруднення ґрунтів до і після лісової пожежі.

Як показують розрахунки, до лісової пожежі ймовірність отримати додаткові захворювання внаслідок хімічного забруднення ґрунтів за значенням ризику для здоров'я населення відповідає 1 класу – незначний ризик, але після лісової пожежі значення ризику для здоров'я населення відповідає 3 класу – значний ризик (табл. 3).

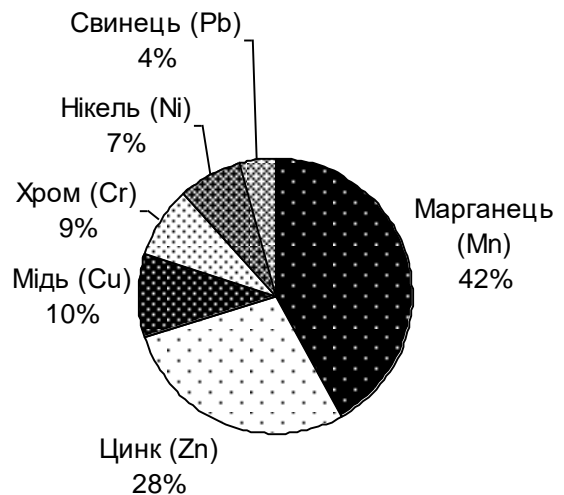


Рис. 1. Вміст забруднюючих речовин в значенні інтегрального показника хімічного забруднення ґрунтів (IPCS)

Таблиця 5 – Визначення ризику для здоров'я населення внаслідок хімічного забруднення ґрунтів до і після лісової пожежі

Назва речовини, рухомі форми	Концентрація (С)	ГДК тр	С/ГДК	lg (С/ГДК)	Probit	Risk
до лісової пожежі						
Марганець (Mn), мг/кг	65	220	0,30	-0,5295	-2,0878	0,020
Мідь (Cu), мг/кг	0,9	3,5	0,26	-0,5898	-2,1752	0,017
Цинк (Zn), мг/кг	4,3	23	0,19	-0,7283	-2,376	0,010
Нікель (Ni), мг/кг	2	6,7	0,30	-0,525	-2,0813	0,020
Хром (Cr), мг/кг	2	6	0,33	-0,4771	-2,0118	0,023
Свинець (Pb), мг/кг	3,2	35	0,09	-1,0389	-2,8264	0,003
Risk сум						0,089
після лісової пожежі						
Марганець (Mn), мг/кг	670	220	3,05	0,48365	-0,6187	0,268
Мідь (Cu), мг/кг	1,9	3,5	0,54	-0,2653	-1,7047	0,045
Цинк (Zn), мг/кг	20	23	0,87	-0,0607	-1,408	0,080
Нікель (Ni), мг/кг	2,8	6,7	0,42	-0,3789	-1,8694	0,031
Хром (Cr), мг/кг	2,9	6	0,48	-0,3158	-1,7778	0,038
Свинець (Pb), мг/кг	4,5	35	0,13	-0,8909	-2,6117	0,005
Risk сум						0,403

Результати розрахунків показують небезпечний вплив лісових пожеж на стан хімічного забруднення ґрунтів і необхідність проведення попереджувальних і природоохоронних заходів з метою підвищення екологічної і пожежної безпеки.

Обговорення результатів. Хімічне забруднення ґрунтів становить серйозну загрозу для навколишнього середовища в глобальному масштабі. Токсичність

важких металів призводить до зниження продуктивності і врожайності, руйнує клітинні структури рослин, порушує нормальне функціонування екосистем і негативно впливає на здоров'я населення.

Прогноз зміни клімату в Харківській області [23] вказує на небезпеку збільшення лісових пожеж і негативні наслідки для компонентів навколишнього природного середовища, тому дослідження рівня

екологічної небезпеки хімічного забруднення ґрунтів внаслідок лісових пожеж є дуже актуальними.

В роботі представлена нова методика інтегральної оцінки хімічного забруднення ґрунтів і вперше дана оцінка ризику для здоров'я населення внаслідок лісової пожежі, що представляє наукову новизну роботи.

Інтегральна оцінка хімічного забруднення ґрунтів за новою методикою дає змогу визначити пріоритетність реалізації природоохоронних заходів та сприятиме впровадженню екологічно безпечного природокористування, що має практичну значимість.

Вплив лісових пожеж на екосистеми носить комплексний характер. Наслідки зміни клімату на види і їх місця проживання сильно відрізняються в залежності від видів, їх взаємодії з іншими видами і місць, де вони знаходяться. Вогонь може бути головним чинником зміни рослинних угруповань в контексті зміни клімату. Ці особливості впливу пожеж на середу існування видів необхідно прийняти до уваги при організації пожежної безпеки та розробці природоохоронних заходів, щоб уникнути негативних наслідків.

Висновки. В роботі запропонована нова методика оцінки інтегрального показника хімічного забруднення ґрунтів (IPCS), який враховує кратність перевищення транслокаційних гранично-допустимих концентрацій з врахуванням їх класу небезпеки. Використання запропонованого методичного підходу буде сприяти одержанню порівнянних даних при оцінці рівня небезпеки хімічного забруднення ґрунту.

З метою визначення можливих наслідків хімічного забруднення ґрунту вперше дана оцінка ризику для здоров'я населення за новою методикою. З метою оцінки ймовірності негативних наслідків моделі пробіт-регресії часто використовуються для визначення залежності «доза – ефект». Оцінка ризику для здоров'я населення від хімічного забруднення ґрунтів показала, що внаслідок лісової пожежі ймовірність отримати додаткові захворювання збільшуються з 1 класу

(незначний вплив) до 3 класу (значний вплив).

Представлені в роботі дослідження дають змогу прийняття необхідних управлінських рішень щодо впровадження превентивних природоохоронних заходів.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2017 році. веб-сайт. URL: <http://www.dsns.gov.ua/.../Nacionalna-dopovid-prostan-tehnogennoyi-ta-prirodnoyi-bez>.
2. Український науково-дослідний інститут цивільного захисту України. Статистика. Аналіз масиву карток обліку пожеж році. веб-сайт. URL: <https://undicz.dsns.gov.ua/ua/Analiz-masivu-kartok-obliku-pozhezh.html>.
3. Нестеренко О.В., Клевцова Л.Г., Чернишенко Г.О. Вплив степових та лісових пожеж на навколишнє середовище в Україні. *Науковий вісник будівництва*. 2019. Т. 95. №1. С. 240-245.
4. Зибцев С.В. Стан охорони лісів від пожеж в Україні та головні напрямки його покращення. *Наук. вісник НАУ*: 36. наук. праць. 2000. Вип. 25. С. 319-328.
5. Буц Ю.В. Динаміка ландшафтних пожеж в Україні та еколого-економічні наслідки їх виникнення. *Вісник ОНУ. Сер.: Географічні та геологічні науки*. 2013. Т. 18. вип. 2 (18). С. 111-117.
6. Буц, Ю.В. Наслідки впливу пірогенного чинника на біогеохімічні властивості екосистем в умовах техногенного навантаження. *Науковий вісник будівництва*. 2018. Т. 93. №3. С. 115-122.
7. Nagajyoti P. C., Lee K. D., Sreekanth T.V.M. Heavy metals, occurrence and toxicity for plants: a review. *Environ. Chem. Lett.* 2010. 8. pp.199-216.
8. Niassy S., Diarra K. Effect of organic inputs in urban agriculture and their optimization for poverty alleviation in Senegal, *West Africa, in Organic Fertilizers: Types, Production and Environmental Impact*, ed R. P. Singh. Hauppauge, NY: Nova Science Publisher, 2012. 1-22.
9. Yanqun Z., Yuan L., Jianjun C., Haiyan C., Li Q., Schwartz C. Hyperaccumulation of Pb, Zn and Cd in herbaceous grown on lead-zinc mining area in Yunnan, China. *Environ.* 2005. Int. 31. pp. 755-762.
10. Schimel J., Balser T. C., Wallenstein M. Microbial stress-response physiology and its

- implications for ecosystem function. *Ecology* 88, 2007. pp.1386-1394.
11. Wang Y. P., Shi J. Y., Wang H., Lin Q., Chen X. C., Chen Y. X. The influence of soil heavy metals pollution on soil microbial biomass, enzyme activity, and community composition near a copper smelter. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 2007. 67. pp. 75-81.
 12. Nwuche C. O., Ugoji E. O. Effects of heavy metal pollution on the soil microbial activity. *Int. J. Environ. Sci. Technol.* 2008. 5, pp. 409-414.
 13. Pan J., Yu L. Effects of Cd or/and Pb on soil enzyme activities and microbial community structure. *Ecol. Eng.* 2011. 37. pp.1889-1894.
 14. Sposob diagnostiki pochvennogo pokrova po dannym distancionnoj informacii: Pat. na poleznuy model 2327987 RU, 2008. publ. 27.06.2008.
 15. Sposib kompleksnoi otsinky zabrudnennia atmosferneho povitria ta gruntiv vykydamy promyslovykh pidpriemstv: Pat. na korysnu model 38054 UA, 2008. publ. 25.12.08, bul. № 24.
 16. Sposib ekolohichnoi otsinky zabrudnennia dovkillia vazhkymu metalamy: Pat. na korysnu model 43854 UA, 2009. publ. 10.09.09, bul. № 17.
 17. Методические указания по оценке степени опасности загрязнения почвы химическими веществами. МУ 4266-87 (утв. заместителем Главного государственного санитарного врача СССР от 13 марта 1987 г. № 4266-87).
 18. Рыбалова О.В., Коробкина К.М. Новый підхід до оцінки забруднення ґрунтів важкими металами. Proceedings of the II International Scientific and Practical Conference «*Topical problems of modern science*». November 18, 2017. Warsaw, Poland. Vol. 5. p. 86-90.
 19. Integrated Risk Information System (IRIS): U.S. Environmental Protection Agency (EPA). веб-сайт. URL: <http://www.epa.gov/iris>
 20. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду. Р 2.1.10.1920-04. М. 2004. 143 с.
 21. Рыбалова О.В., Бригада О. В., Бондаренко О.О., Макаров Є.О. Новый метод оцінки ризику для здоров'я населення від забруднення ґрунтів важкими металами. *Проблеми надзвичайних ситуацій*. 2019. № 1(29). С. 79-99.
 22. Васенко О. Г., Рыбалова О. В., Артем'єв С. Р. і др. Інтегральні та комплексні оцінки стану навколишнього природного середовища: монографія. Харків: НУГЗУ. – 2015. 419 с.
 23. Rybalova O., Artemiev S., Sarapina M., Tsymbal B., Bakhareva A., Shestopalov O., Filenko O. Development of estimation methods of environmental risk degrading the surface water state. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2018. Vol. 2. Issue 10 (92). P. 4-17.
 24. Barbosa, J. S., Cabral, T. M., Ferreira, D. N., Agnez-Lima, L. F., and De Medeiros, S. B. Genotoxicity assessment in aquatic environment impacted by the presence of heavy metals. *Ecotoxicol. Environ.Saf.* 2010. 73. pp. 320-325.
- Рыбалова О.В., Бригада Е.В., Коробкина К.Н., Крайнюков А.Н., Мирошниченко И.Н. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПАСНОСТИ ВЛИЯНИЯ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ НА КАЧЕСТВЕННОГО СОСТОЯНИЯ ПОЧВ.** Статья посвящена определению влияния лесных пожаров на содержание химических загрязняющих веществ в почве. Представлен новый метод интегральной оценки загрязнения почв химическими веществами, что является научной новизной работы. Дана оценка опасности загрязнения почв в результате лесного пожара. Значение интегрального показателя содержания химических веществ в почве (IPCS) до лесного пожара соответствует 2 классу (хорошее состояние), а после пожара - 4 классу (плохое состояние). Ранжирование химических веществ по значению поэлементного индекса загрязнения почв (PCS) показало, что наибольшую опасность вызывает содержание в почве марганца и цинка. Попадание в подземные и поверхностные воды химических веществ, особенно тяжелых металлов, является чрезвычайно опасным. Дана оценка риска для здоровья населения по новой авторской методике. Значение риска для здоровья населения после лесного пожара соответствуют 3 классу опасности (значительное влияние на здоровье). Определение уровня опасности загрязнения почв химическими веществами в результате лесного пожара указывает на необходимость внедрения природоохранных мероприятий.
- Ключевые слова:** лесные пожары, грунт, интегральная оценка, загрязняющие вещества, тяжелые металлы, риск для здоровья населения.
- Rybalova O., Bryhada O., Korobkina K., Krainukov A., Miroshnichenko I.**

DETERMINATION OF INFLUENCE OF FOREST FIRE ON A QUALITATIVE STATE OF SOIL. The article is devoted to the determination of the influence of forest fires on the content of chemical pollutants in the soil. The new method of integral evaluation of soil pollution by chemical substances, describing the scientific novelty of work, is presented. The assessment of the danger of soil contamination due to forest fires is given. The value of the integral index of soil chemical substances (IPCS) to the forest fire corresponds to Grade 2 (good condition), and after the fire - Grade 4 (poor condition). The ranking of chemicals by the value of the elemental index of soil contamination (PSC) showed

that the content of manganese and zinc in the soil presents the biggest risk. The underground and surface waters contamination with chemicals, especially heavy metals, is extremely dangerous. This paper describes a risk assessment for public health using the new author's technique. The risk to the public health after a forest fire corresponds to grade 3 of danger (significant impact on health). The determination danger level of the soil contamination by chemical substances due to forest fires indicates the need for environmental measures implementation.

Keywords: forest fires, soil, integral assessment, pollutants, heavy metals, public health risk.

DOI: 10.29295/2311-7257-2019-96-2-422-427
УДК 519.81

Солодовник Г.В., Дейнега А.О.

*Харківський національний університет будівництва та архітектури
(вул. Сумська, 40, Харків, 61002, Україна; e-mail: a.solodovnyk@gmail.com;
devnega20071998@ukr.net)*

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ У ПРИЙНЯТТІ БАГАТОЕТАПНИХ РІШЕНЬ

Ціль роботи полягає в розробці моделі прийняття багатоетапних управлінських рішень на підприємстві та її програмної реалізації для подальшого експериментування з моделлю з метою аналізу можливих сценаріїв розвитку функціонування підприємства в умовах невизначеності. Досягнення цілі роботи передбачає вирішення наступних задач: формування множини можливих станів зовнішнього середовища та проведення статистичного аналізу продажів для визначення апіорних ймовірностей настання певних станів зовнішнього середовища; формування множини альтернатив рішень органу управління, вибір кращої альтернативи за критерієм прийняття рішень в умовах ризику, визначення вартості досконалої інформації; побудова дерева рішень та вибір найкращої альтернативи за значенням чистої поточної вартості.

Ключові слова: ризик, оптимізація, модель, програмна реалізація, дерево рішень, множина альтернатив.

Актуальність. З позиції системного підходу підприємство є, з одного боку, самостійною складною соціально-економічною системою, а з іншого – елементом складнішої метасистеми (галузі, економічної системи регіону, тощо). Одними з основних характеристик складних систем є динамічність та індетермінованість процесу розвитку [1-3].

Актуальність використання інформаційних технологій в прийнятті управлінських рішень обумовлена великою кількістю сценаріїв розвитку зовнішнього середовища. Процес прийняття рішень відбувається за відсутності повної та

достовірної інформації стосовно внутрішніх та зовнішніх відносно об'єкта управління чинників, через що виникає ризик. Ризик завжди передбачає імовірнісний характер результату, при цьому під словом ризик найчастіше розуміють ймовірність отримання несприятливого результату (втрат) або результату, який є відмінним від очікуваного. В такому розуміння можна говорити і про ризик збитків, і про ризик надприбутків [4-6].

Розробка моделей процесу прийняття рішень та їх подальша програмна реалізація дозволяють проводити комп'ютерні експерименти для