

**Шифр: «Апроксимація»**

**ЕКОНОМІЗАЦІЯ ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ**

## Зміст

Вступ.....	3
Розділ 1 .....	4
Використання апроксимації даних щодо забруднення ґрунту, забрудненого хлорорганічними пестицидами.....	4
Розділ 2.....	8
Істотне визначення попередньої вартості інженерних заходів щодо запобігання підтоплень та зсувів, використовуючи мінімальну кількість, обраних за значущістю показників екогеологічного моніторингу.....	8
Висновки .....	17
Список літератури.....	18

### Додатки:

1. Матеріали І МНПК ., присвяч. 60-річчю КЛК ХНУВС. «Авіація, промисловість, суспільство»: «Лінійна регресія для передбачення зсувних процесів». (м. Кременчук, 14 трав. 2020 р.)
2. Копія статті у збірнику наукових праць XVIII НТК «Проблеми екологічної безпеки»
3. Копія статті «DETERMINATION OF SIGNIFICANT FACTORS OF LANDSLIDE PROCESSES AND FLOODING» у журналі «ENVIRONMENTAL PROBLEMS»
4. Довідка про впровадження результатів роботи «Економізація екологічного моніторингу» від «ДЕПАРТАМЕНТУ ЗАХИСТУ ДОВКІЛЛЯ ТА ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ ХАРКІВСЬКОЇ ОБЛАСНОЇ ДЕРЖАВНОЇ АДМІНІСТРАЦІЇ»
5. Патент на корисну модель України. Спосіб вибору технологічного заходу системи оцінки зсувних процесів на господарських територіях. Заявку відправлено в грудні 2020р. (копія)
6. Патент на корисну модель України. Спосіб вибору технологічного заходу системи оцінки процесів підтоплення на господарських територіях. Заявку відправлено в грудні 2020р (копія)

## Вступ

У даній роботі було запропоновано можливість використання економізації моніторингу землі та геологічного моніторингу з метою дешевого та швидкого отримання даних, необхідних для здійснення інженерних робіт і прийняття управлінських рішень у галузі захисту навколишнього середовища. Підсумки запропонованих апроксимацій були використані у розробці технологій очищення земель від хлорорганічних пестицидів (ХОП) і у визначенні попередньої вартості інженерних заходів для запобігання підтоплення і зсувів.

Проектування технологій захисту навколишнього середовища вимагає великої кількості попередніх робіт для отримання даних про стан її компонентів. Зазвичай, така робота обумовлюється великими матеріальними витратами та довгочасністю, і, в деяких випадках, це призводить до збільшення тривалості прийняття інженерних рішень екологічних проблем, або, навіть, робить цей процес неможливим. Тому дослідження, які дозволяють знизити матеріальні та часові витрати на проведення екологічного моніторингу безумовно є актуальними.

Метою даної роботи є випробовування методу апроксимації для подальшого його використання задля скорочення матеріальних і часових витрат на екологічний моніторинг землі та геологічний моніторинг, тобто економізацію моніторингу.

Наукова новизна отриманих результатів полягає: В обґрунтуванні можливості застосування методу апроксимації в системі екологічного моніторингу.

У науковій розробці принципів зменшення кількості моніторингових операцій, зменшення вартості моніторингу та скорочення часу отримання відповідних даних.

Практичне значення отриманих результатів: значне зменшення кількості та вартості моніторингових операцій, що прискорить ремедіацію земель, забруднених хлорорганічними пестицидами, проведення попереднього вибору видів інженерних робіт, пов'язаних із процесами підтоплення та зсувами, визначення їх вартості, створення карт господарських територій із зазначенням можливого економічного збитку від процесів підтоплення і зсувів, проектне визначення вартості інженерних робіт, пов'язаних із попередженням та ліквідацією причин та наслідків процесів підтоплення і зсувів.

Особистий внесок:

автор безпосередньо брав участь в розробці цілей дослідження, в обговоренні та розробці гіпотези дослідження, математичному аналізі чинників, які викликають процеси підтоплення та зсуви, в формулюванні висновків за результатами роботи, в підготовці матеріалів для публікації та подання заявок на отримання корисних моделей України.

## Розділ 1

### Використання апроксимації даних щодо забруднення ґрунту, забрудненого хлороганічними пестицидами.

Здійснення такого напрямку спирається на гіпотезу залежності рівня забруднення різних відсотковим відношенням обсягів землі від їх відстані до центру або лінії забруднення. І подібні дані для даного комплексного дослідження було запропоновано авторами робіт [ 1,2 ].

Припустимо, що в разі точкового джерела забруднення (наприклад маленький склад зберігання пестицидів) концентрація забруднюючої речовини  $C_i$  в будь-якому обсязі буде апроксимуватися нелінійною (експоненційною) регресійною залежністю:

$$C_i = C_{\max} e^{\beta h_i + \alpha r_i}, (i = 1, \dots, n), \quad (1)$$

де

$r_i$  - відстань  $i$ -тої частки обсягу від точки (центру складу) забруднення ( $i = 1, \dots, N$ );

$h_i$  - глибина розташування  $i$ -тої частки обсягу забруднення ( $i = 1, \dots$ );

$n$  - кількість досліджуваних часток обсягу забрудненої землі.

$C_{\max}$  - максимальна концентрація, забруднення (на поверхні в точці забруднення).

$\alpha$  и  $\beta$  - невідомі параметри забруднення.

У разі лінійного джерела забруднення (наприклад, прилісові або пристанційні перші склади зберігання пестицидів мають велику довжину) зробимо припущення про те, що рівень забруднення визначається рівнянням 2:

$$C = C_{\max} e^{\beta h + \alpha f(x,y)}, \quad (2)$$

де:

-  $x$  і  $y$  - координати частки обсягу забруднення на поверхні землі від центру лінійного джерела забруднення.

Рівняння (1) і (2) припускають, що для їх вирішення досить мати значення концентрацій ХОП тільки в трьох обсягах забрудненого ґрунту розташованих в різних координатах по  $r$  ( $x, y$ ) і  $h$  від точки забруднення або центру лінії забруднення, а рівняння (1) вказує на те, що об'ємна конфігурація землі забрудненої ХОП точковим джерелом забруднення понад їх ГДК є конус з віссю перпендикулярній до поверхні забрудненої землі та проходить через точку забруднення, що знаходиться на поверхні.

Отримані нелінійні регресійні залежності приводимо до лінійної форми за допомогою логарифмування і, відповідно, отримуємо рівняння відносно невідомих  $\alpha$  і  $\beta$  :

$$\ln C_i = \ln C_{\max} + \alpha r_i + \beta h_i \quad (3)$$

$$\ln C_i = \ln C_{\max} + \alpha f(x_i, y_i) + \beta h_i \quad (4)$$

З метою визначення конфігурації об'єму забрудненого ґрунту створюємо матрицю спостережень, елементи якої є координатами досліджуваного об'єму забруднення, сформулюємо вектор значення залежних змінних, потім, застосувавши оператор методу найменших квадратів (МНК), отримаємо вектор параметрів моделі [3].

Визначені параметри моделі дають можливість скласти точковий прогноз концентрації ХОП в заданих координатах від точки або центру лінії забруднення. Концентрації, які були визначені за допомогою рівняння 1 і 2, порівнюються з реальними концентраціями. Далі перевіряється якість регресії за допомогою коефіцієнта детермінації  $R^2$  [5]. (Чим ближче значення коефіцієнта детермінації до одиниці, тим якість регресії вище.). Межі забруднення об'єму землі за координатами  $r$  ( $x, y$ ) і  $h$ , в яких концентрація ХОП досягає ГДК, розраховуємо надалі використовуючи також рівняння 1 і 2.

На малюнках 1 і 2 і в таблицях 1 і 2 наведені отримані при використанні наведених принципів апроксимації графічні зображення об'єму забрудненої ХОП землі і характерні показники розрахунків.

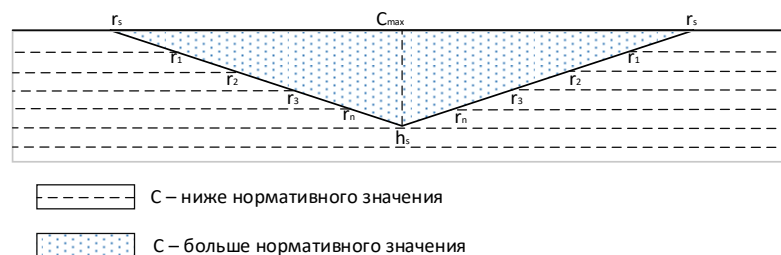


Рис. 1. Конфігурації забруднення землі від точкового джерела забруднення.

Таблиця 1

Дані дослідження конфігурації забруднення ґрунтових компонентів ДДТ (забруднення точкове), його метаболітами та ізомерами ГХЦГ до їх ГДК, на території колишнього складу пестицидів в Харківській області

Село	Показник	Найменування речовини, концентрація, мкг/кг					
		ДДТ	ДДД	ДДЕ	$\alpha$ -ГХЦГ	$\beta$ -ГХЦГ	$\gamma$ -ГХЦГ
Сподобівка, Шевченківського району	Кількість точок відбору проб*	4	4	4	4	4	4
	Коеф. детермінації	0,940	0,909	0.898	0,993	0,852	0,995
	Мах. радіус конуса забруднення, м	23,59	21,37	19,47	17,48	26,19	13,14
	Мах. глибина конуса забруднення, м	1,32	2,23	1,35	0,23	0,51	0,37
	Об'єм конуса забруднення, м <sup>3</sup>	769	1077	536	74	363	67

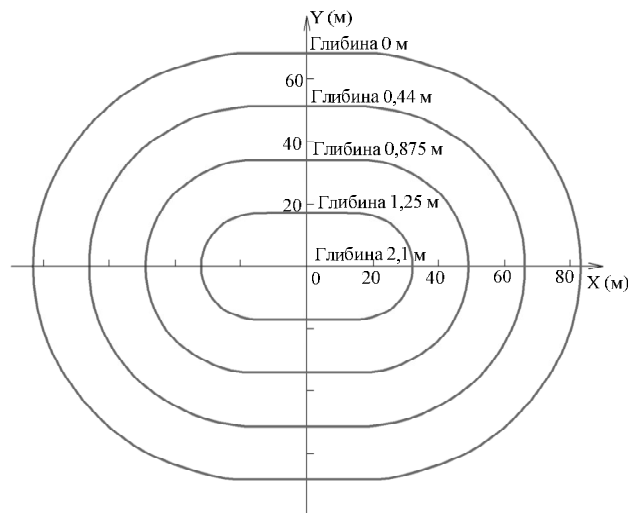


Рис. 2. Межі об'ємної конфігурації забруднення землі ДДЕ від лінійного джерела забруднення. до досягнення ГДК.

Таблиця 2

Вміст ДДЕ в землі біля пристанційного колишнього складу їх зберігання в м. Хорол Полтавської області, (мг/кг абсолютно сухого ґрунту).

Точки відбору проб	Відстань від центру лінії забруднення на осі x	Відстань від центру лінії забруднення на осі y	Глибина відбору проб, м	ДДЕ
1	7,5	5	0,2	194140,0
2	0	15	0,2	65229,4
3	5	17	0,2	7031,9
4	0	7,5	0,2	522536,1
5	0	21	0,2	40059,4
6	12	61	0,2	152,0

## Розділ 2.

**Істотне визначення попередньої вартості інженерних заходів щодо запобігання підтоплень та зсувів, використовуючи мінімальну кількість, обраних за значущістю показників екогеологічного моніторингу.**

У сучасному інтенсивному розвитку господарств виявляється гостра необхідність швидкого отримання даних про безпеку територій для розміщення своїх об'єктів. В той же час традиційне обґрунтування їх безпеки встановлюється на підставі даних дуже довготривалих і досить дорогих інженерно-геологічних досліджень.

Публікація даних розділу 2 дослідження надана в роботах [4-8] із участю автора.

Обґрунтування принципів вибору мінімальної кількості значущих даних про гідрогеологічний стан території, які дозволяють визначити вартість заходів щодо запобігання підтоплення і зсувів проводилась за такими етапами:

1. було запропоновано і, потім, перевірено гіпотезу про лінійну залежність результуючих чинників, які активізують зсувні процеси і процеси підтоплення від вартості інженерних заходів щодо їх запобігання;
2. було обрано об'єкти дослідження, які мають сприйнятливість до процесів підтоплення та зсувів з відомою великою кількістю чинників, які їх викликають. На цих об'єктах вже спостерігалися підтоплення та зсуви і для їх запобігання були проведені інженерні заходи певної вартості;
3. було прийнято методологічну основу дослідження запропонованої регресії, яка складається з аналізу чинників, які активізують зсувні процеси і процеси підтоплення, що мають кількісне цифрове вираження і виділення з них чинників (методом покрокової регресії) з найбільшим коефіцієнтом вибіркової кореляції, з вартістю інженерних заходів щодо запобігання цих процесів. У разі підтоплення такими показниками в наших дослідженнях були: відстань від центру ділянки до природного базису дренажування, інфільтрація атмосферних опадів і площа підтопленої ділянки; в разі зсувів: рівень ґрунтових вод, крутизна схилу і число пластичності.



У зсувних процесах ,згідно з [20, 21, 23, 25] аналізувалися наступні групи чинників, які активізують зсувні процеси: кліматичні умови (атмосферні опади, температура, барометричний тиск, вітер), показники висоти і крутизни схилу, показники міцності гірських порід, геологічна будова, підземні води, землетруси, неотектоніка, рослинність.

Попередній аналіз цих груп чинників з метою використання їх для математичного аналізу дозволив виключити: чинник кліматичних умов, через велику кількість одночасної дії; чинник геологічної будови, через відсутність кількісних характеристик; чинник землетрусів, через відсутність сейсмоактивності в Харківській області; чинник неотектоніки, як найбільш однорідний і повільно діючий; чинник рослинності, через неоднозначність дії.

З решти груп чинників, для математичної оцінки їх значущості були обрані чинники, що мають кількісний цифровий вираз: рівень ґрунтових вод, крутизна схилу, число пластичності, повна вологоємність, питоме зчеплення ґрунту, модуль деформації. У таблиці 1 наведено чинники формування зсувних процесів, які мають кількісний цифровий вираз, а також вартість інженерних заходів із ліквідації їх причин та наслідків.

Таблиця 3.

Чинники формування процесів зсувів та вартість інженерно-геологічних досліджень, які визначають ці чинники.

Чинники формування процесів зсувів	Номер досліджуваної ділянки					
	1	2	3	4	5	6
Рівень ґрунтових вод, м	16	11,02	9	11	9,01	15

Крутизна схилу, градуси	27	25	18	12	12,03	12,02
Число пластичності	0,33	0,13	0,35	0,22	0,22	0,18
Повна вологості	0,42	0,25	0,39	0,33	0,35	0,28
Питоме зчеплення, МПа	9,87	17	28,09	16,4	16,2	–
Модуль деформації, МПа	17,17	18,91	17,97	17,43	17,52	17,69
Вартість інженерно-геологічних досліджень, які визначають ці чинники, тис. грн	726	750	1 800	105	4 000	2 300

Оцінка значущості цих чинників, яка проводилася з застосуванням методу покрокової лінійної регресії і оцінка кореляції між обраними окремими чинниками і результуючим фактором, визначила групу чинників з найбільшими коефіцієнтами вибіркової кореляції: рівень ґрунтових вод, крутизна схилу і число пластичності

Аналіз реальної вартості проведення інженерно-геологічних досліджень, які визначають чинники формування зсувних процесів з вартістю їх проведення, розрахованої на основі регресійної залежності проводився наступним чином:

Позначимо результуючий фактор через  $Y$ , а незалежні чинники через  $x_i$ , тоді лінійну регресію можна записати в такому вигляді:

$$Y_i = A + B x_i + \mathcal{E}_i, \text{ де } i = 1, 2, \dots, n \quad (1)$$

де

$Y$  – результуючий фактор,

$A$  – вільний член, параметрів моделі,

$B$  – коефіцієнт регресії,

$x_i$  – незалежні чинники,

$\mathcal{E}_i$  – некорельовані помилки випадкової змінної.

У матричному записі вибірка багатofакторна регресійна модель буде виглядати таким чином:

$$\bar{Y} = B \cdot \bar{A} , \quad (2)$$

де

$\bar{Y} = (y_1, y_2, \dots, y_n)^T$  – транспонований вектор результуючого фактору;

$\bar{A} = (a_0, a_1, a_2, a_3)^T$  – транспонований вектор параметрів моделі, який

характеризує зміщення по  $Y$ ;

$$B = \begin{pmatrix} 1 & 1 & \dots & 1 \\ x_{11} & x_{21} & \dots & x_{n1} \\ x_{12} & x_{22} & \dots & x_{n2} \\ x_{13} & x_{23} & \dots & x_{n3} \end{pmatrix} \text{ – коефіцієнт регресії (матриця спостережень), який}$$

характеризує зміщення графіка функції по  $X$ .

У регресійному аналізі перевіряють гіпотези про значущість вільного члена і значущості коефіцієнта регресії (1). Таким чином, завдання полягає у визначенні двох гіпотез :

- перша гіпотеза свідчить, що між змінними немає лінійної залежності;
- друга гіпотеза - що між змінними є лінійна залежність.

У нашому випадку змінними є вектор параметрів моделі ( $A$ ) і коефіцієнт регресії ( $B$ ), які використовуються для проведення прогнозу оцінки вартості протизсувних заходів на конкретній ділянці, де є зсуви (2).

Після проведення покрокової лінійної регресії були обрані три чинники, де лінійна залежність більш значуща. Внаслідок, матриця коефіцієнтів регресії  $B$  і вектор  $\bar{Y}$  матимуть вигляд:

$$B = \begin{pmatrix} 1 & 27 & 16 & 0,33 \\ 1 & 25 & 11,02 & 0,13 \\ 1 & 18 & 9 & 0,35 \\ 1 & 12 & 11 & 0,22 \\ 1 & 12,03 & 9,01 & 0,2201 \\ 1 & 12,02 & 15 & 0,18 \end{pmatrix}, \quad \bar{Y} = \begin{pmatrix} 762000 \\ 750000 \\ 1800000 \\ 105000 \\ 4000000 \\ 2300000 \end{pmatrix}$$

Таким чином, для знаходження невідомих коефіцієнтів  $a_0, a_1, a_2, a_3$  отримуємо перевизначену систему рівнянь, яку розраховуємо методом найменших квадратів [28]. Для цього обидві частини векторно-матричного рівняння (2) помножимо на транспоновану матрицю  $B^T$  і отримаємо:

$$B^T B \cdot \bar{A} = B^T \bar{Y} \quad (3)$$

Матриця  $B^T B$  є квадратною (з розмірністю 4), тому  $\bar{A}$  може бути отримана з рівняння (3) таким чином:

$$\bar{A} = (B^T \cdot B)^{-1} \cdot B^T \bar{Y}$$

В результаті було отримано транспонований вектор параметрів моделі:

$$\bar{A} = (3946793,571 \quad -88817,175 \quad -84511,088 \quad 994421,731)^T$$

Тоді, значення транспонованого вектора результуючого чинника, отриманого за допомогою регресії, дорівнюватиме:

$$\bar{Y} = (524711,62 \quad 924326,84 \quad 1935532,242 \quad 2170138,29 \quad 2335750,281 \quad 1790540,726)^T$$

Для перевірки запропонованої методики оцінки вартості інженерних заходів за даними чинників була обрана територія зсувної ділянки на Журавлівському схилі міста Харкова на вулиці Студентській, на якій були проведені інженерні заходи та визначена їх реальна вартість.

Дані для оцінки наведені в таблиці 4 .

Таблиця 4 - Значення чинників зсувних процесів і вартості інженерно - геологічних досліджень, які визначають ці чинники

Незалежні чинники	Значення
$x_1$ – крутизна схилу, градуси	16
$x_2$ – рівень ґрунтових вод, м	12
$x_3$ – число пластичності	0,11

Y – вартість інженерно-геологічних досліджень, які визначають ці чинники, тис. грн	1800
--	------

В даному випадку матрицю коефіцієнтів регресії ( $B$ ) можна уявити як вектор прогнозу ( $x^*$ ):

$$x^* = (1 \ 16 \ 12 \ 0,11).$$

Підставивши значення цього вектора (табл. 5) в лінійну регресію (1) отримаємо точковий прогноз ( $Y^*$ ) для вартості протизсувних заходів::

$$Y^* = A_i x^* = a_0 + a_1 x_1^* + a_2 x_2^* + a_3 x_3^*, \quad (5)$$

де

$Y^*$  – точковий прогноз,

$a_0, a_1, a_2, a_3$  – знайдені за допомогою методу найменших квадратів вектори параметрів моделі..

Таким чином, теоретична розрахункова вартість на основі запропонованої лінійної регресії дорівнює:

$$Y^* = 1620972,113.$$

Значення реальної вартості проведених протизсувних інженерних заходів для даної ділянки склало 1800000 грн. Тобто, згідно з нашими розрахунками похибка отриманого значення ( $\mathcal{E}_i$ ) знаходиться в межах допустимого.

При дослідженні процесів підтоплення на території міста (Харкова) було розглянуто шість ділянок, які мають схожу геологічну будову і складаються з насипних ґрунтів, суглинків, пісків і глин. Підтоплення цих територій може викликати небезпечну надзвичайну ситуацію, що характеризується великим економічним збитком, але на основі даних інженерно-геологічних досліджень ці події були усунені [ 27 ].

Згідно [19, 24], в роботі розглядалися наступні чинники, які викликають підтоплення: невпорядковані відведення дощових і талих вод з

територій; витік з комунікацій; низька пропускна здатність дренажних каналів; залізничні насипи, які перешкоджають природний відтік поверхневих вод; відстань до природного базису дренажування; коефіцієнт фільтрації (наявність великих площ, які мають тверде покриття і малу пропускну здатність); інтенсивне багатоповерхове будівництво; вплив тунелів метрополітену; інфільтраційне харчування атмосферними опадами.

Для подальшого аналізу були обрані чинники, які піддаються адекватної статистичної обробці: витік з комунікацій, відстань від центру ділянки до природного базису дренажування, коефіцієнт фільтрації на території, інфільтраційне харчування атмосферними опадами. До числа перерахованих вище чинників була додана площа підтоплених територій, тому що від її величини залежить вартість інженерних заходів щодо запобігання підтоплення.

У таблиці 5 наведені чинники підтоплення та їх значення, а також вартість інженерних заходів із ліквідації їх причин та наслідків.

Таблиця 5.

Чинники формування процесів підтоплення і вартість інженерно-геологічних досліджень, що визначають ці чинники

Чинники підтоплення	Номер досліджуваної ділянки					
	1	2	3	4	5	6
Площа підтоплюємої території, м <sup>2</sup>	42 000	2 700	1 500	28 460	320 000	3 100
Відстань від центру ділянки до природного базису дренажування, м	160	125	75	105	400	40
Коефіцієнт фільтрації, м/доба	0,006	0,4	3,5	0,02	0,5	0,3

Інфільтрації атмосферних опадів, мм / рік	21 924	1 409	783	14 856	16 704	1618
Витік комунікацій, м <sup>3</sup> /доба	3 —	2 020	3 232	2 892	2 829	3 258
Вартість інженерно-геологічних досліджень, які визначають ці чинники, тис. грн	7 676,858	666,213	997,480	8 982,718	23 229,6	316,596

Для оцінки найбільш значущих чинників застосовувався метод покрокової регресії, в якому оцінювалися коефіцієнти кореляції між результуючим чинником і окремо вибраними чинниками. Аналіз показав, що найбільш значущими чинниками є відстань від центру ділянки до природного базису дренажу, інфільтрація атмосферних опадів і площа підтопленої ділянки.

Аналіз реальної вартості проведення інженерно-геологічних досліджень, які визначають чинники формування процесів підтоплення, з вартістю їх проведення, розрахованої на основі регресійної залежності було проведено на основі аналізу залежності вартості інженерних заходів щодо запобігання підтоплення на вулиці Фронтоний і запропонованих чинників підтоплення:

$$x_1 = 4000 \text{ – площа ділянки, м}^2;$$

$$x_2 = 70 \text{ – відстань від центру ділянки до природного базису дренажу, м;}$$

$$x_3 = 2088 \text{ – інфільтрація атмосферних опадів, мм/рік;}$$

$$Y^* = 1423,31 \text{ тис, грн. – реальна вартість інженерно-геологічних досліджень.}$$

В даному випадку вектор прогнозу має такий вигляд:

$$x^* = (1 \ 4000 \ 70 \ 2088)^T.$$

Підставивши значення цього вектора в лінійну регресію (5) отримаємо точковий прогноз для вартості інженерних заходів для запобігання підтоплень.

У нашому випадку, теоретична розрахункова вартість склала  $Y^* = 1424,4$  тис. грн.

Таким чином, похибка отриманого значення ( $\mathcal{E}_i$ ), як і для дослідження зсувних процесів, знаходиться в межах допустимого. Це дозволяє зробити висновок про можливість вибору мінімального обсягу інженерно-геологічних досліджень, які з великим ступенем ймовірності оцінять фактори виникнення процесу підтоплення, а також вартості цих досліджень.

З використанням встановлених чинників були розраховані теоретичні величини вартості інженерних заходів щодо запобігання підтоплення і зсувів на одній з територій м. Харкова та проведено порівняння їх вартості з вартістю вже здійснених заходів на цих ділянках, в разі підтоплення теоретична (розрахункова) вартість дорівнює 1423 тис. грн., а практична – 1424 тис. грн; в разі зсуву теоретична (розрахункова) вартість дорівнює 1621 тис. грн., а практична – 1800 тис. грн., отже, похибка отриманих значень знаходяться в допустимих межах.



## **Висновки**

1. Встановлена можливість застосування методу апроксимації в скороченні матеріальних і часових витрат на екологічний моніторинг землі та геологічний моніторинг (економізацію моніторингу).

2. Надана методика дослідження, яка дозволяє значно скоротити кількість моніторингових операцій, знизити вартість моніторингових операцій і істотно прискорити час отримання відповідних даних для розробки технологій захисту навколишнього середовища і обґрунтування управлінських рішень в цій галузі.

### Список літератури

1. Катков М. В., Буланова А. А., Юрченко А. И. Визначення об'ємної конфігурації забруднення ґрунтових компонентів точковим джерелом хлорорганічних пестицидів. Комунальне господарство міст. Науково - технічний збірник. Серія: технічні науки та архітектура випуск 1(147) 2019. ХНУМГ ім. О. М. Бекетова. 101-105.
2. Катков М. В., Буланова А. А., Юрченко А. И. Визначення об'ємної конфігурації забруднення ґрунтових компонентів лінійним джерелом хлорорганічних пестицидів. Комунальне господарство міст. Науково - технічний збірник. Серія: технічні науки та архітектура випуск 1(147) 2019. ХНУМГ ім. О. М. Бекетова. 106-111
3. Джонстон Дж. Эконометрические методы / Дж. Джонстон; пер. с англ. А. А. Рывкина. – М.: Статистика 1980, 444 с.
4. DETERMINATION OF SIGNIFICANT FACTORS OF LANDSLIDE PROCESSES AND FLOODING. ENVIRONMENTAL PROBLEMS. Vol.5, No 2, 2020. 88-94
5. Авіація, промисловість, суспільство : матеріали I Міжнар. наук.-практ. конф., присвяч. 60-річчю КЛК ХНУВС. «Лінійна регресія для передбачення зсувних процесів». (м. Кременчук, 14 трав. 2020 р.) : у 2 ч. / МВС України, Харків. нац. ун-т внутр. справ, Кременчуц. льотний коледж. – Харків : ХНУВС, 2020. – Ч. 1. – 302 с.
7. Матеріали XVIII міжнародної науково-технічної конференції «Проблеми екологічної безпеки». Економізація екологічного моніторингу. Кременчук. КНУ, 2020. с.4-8.
7. Патент на корисну модель України. Спосіб вибору технологічного заходу системи оцінки зсувних процесів на господарських територіях. Заявку відправлено в грудні 2020р
8. Патент на корисну модель України. Спосіб вибору технологічного заходу системи оцінки процесів підтоплення на господарських територіях. Заявку відправлено в грудні 2020р.
9. Шнейдміллер Н.Ф. Особливості сучасного уявлення про взаємозв'язок природних і урбанізованих систем [Текст] // Збірник матеріалів Всеросійської наукової конференції з Міжнародним участю «Теорія сучасного міста: Минуле, сьогодні, майбутнє». - Єкатеринбург: УралГАХА, 2016. - С. 32-34.

- 10.Осипов В. І. Основи оцінки вразливості території для небезпечних природних процесів, що визначають надзвичайні ситуації (принципи і методичні підходи) [Текст] / В. І. Осипов, В. Н. Бутова, В. Г. Заїкання, Т. Мінакова // геоecологія. Інженерна геологія. Гідрогеологія. ГЕОКРІОЛОГІЇ. - 2015. - № 3. - С. 195-203.
- 11.Тіганова І.А. Техногенний вплив житлової забудови на природний стан територій [Текст] / І. А. Тіганова // Будівництво і освіта. - 2012. - № 15.  
Зозуля П. В. Сучасна оцінка безпеки і ризиків виникнення стихійних лих [Текст] / П.В. Зозуля А.В. Зозуля // Вісник Університету «Економіка: проблеми, рішення та перспективи». -2015. -№ 5. - С. 63-68.
- 12.Осипов В. І. Оцінка екзогенних небезпек і геологічного ризику на урбанізованих територіях (Огляд зарубіжного досвіду) [Текст] / В. І. Осипов, О. Н. Єр'оміна, І. В. Козлякова // Геоecологія. Інженерна геологія. Гідрогеологія. ГЕОКРІОЛОГІЇ. - 2017. - № 3. - С. 3-15.
- 13.Сай В. М. Дослідження процесів Підтоплення земель з врахування соціально-економічних збитків [Текст] / В. М. Сай // Геодезія, картографія и аерофотознімання. - 2011. - Вип. 75. - С. 127-134.
- 14.Кузьменко Е.Д. Прогнозування екзогенних геологічних процесів. Частина 1. Теоретичні передумови прогнозування екзогенних геологічних процесів. Закономірності активізації зсувів [Текст] / О.Д. Кузьменко, О.М. Журавель, Т.Б. Чепурна, І.В. Чепурний, Л.В. Штогрин // Геоінформатика. - 2011. - № 3. - С. 61-74.
- 15.Keaton JR Modern trends in engineering geology [Текст] / JR Keaton // Environmental and Engineering Geology, Encyclopedia of Life Systems, Support. 2010. - VI - P. 1-10.
- 16.Tepel RE Risk Management as the Essence of Engineering Geology (Issues in Professional Licensure for Geologists, LVI) [Текст] / RE Tepel // AEG News, June. - 2010. - V ol. 53 - № 2. - P. 32-34.
- 17.Мінаєв В. А. Управління природно-техногенним ризиком геодинамічного характеру [Текст] / В. А. Мінаєв, А. О. Фадєєв, Р. М. Данилов // Проблеми управління ризиками в техносфері. - 2010. - №1 (13). - С. 10-17.
- 18.Національна Доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2014 году [Текст]. - К. : ДП «Агенство Чернобыль информ», 2015. - 365 с.

- 19.Бондарік, Г.К. Інженерна геодинаміка [Текст] / Г.К. Бондарік, В.В. Пендін, Л.А. Ярґ. - М. : КДУ, 2015. - 470 с.
- 20.Інженерна геодинаміка України і Молдови (зсувні геосистеми) [Текст] / за ред. Г.І. Рудько, В.А. Осіюк. - Чернівці: Букрек, 2012. - Т. 1. - 592 с.
- 21.Білеуш А.І. Зсуви і протизсувні заходи [Текст] / А. І. Блеуш. - К. : Наук. думка, 2009. - 560 с.
- 22.Fengshan M. Monitoring and engineering geology analysis of the Zhangmu landslide in Tibet, China [Текст] / M. Fengshan, Li Zhanlu, Wang Jie, Ding Kuo // Bulletin of Engineering Geology and the Environment. Official Journal of the International Association for Engineering Geology and the Environment. - 2017. - № 3. - P. 855-873.
- 23.Пендін В. В. Методологія оцінки та прогнозу зсувній небезпеки [Текст] / В. В. Пендін, І. К. Фоменко. -Москва: ЛЕНАНД, 2015. - 320 с.
- 24.Зарубіна Л. П. Захист територій та будівельних майданчиків від підтоплення ґрунтовими водами [Текст] / Л. П. Зарубіна. - Москва; Вологда: Инфра-Інженерія, 2017. - 210 с.
- 25.Kyoji Sassa, Paolo Canuti, Yueping Yin. Landslide Science for a Safer Geoenvironment [Текст] / Sassa Kyoji, Canuti Paolo, Yin. Landslide Yueping. - Bücher: Springer Link, Springer, 2014. - 851 p.
- 26.Барліані А. Г. Методи обробки і аналізу просторових і часових даних [Текст] / А. Г. Барліані. - Новосибірськ: СГУГіТ, 2016. - 165 с.
- 27.Стрижельчик, Г. Г. Підтоплення в населених пунктах Харківської області [Текст] / Г.Г. Стрижельчик, Ю.П. Соколов, І.А. Гольдфельд, А.Ю. Чебанов, Н.С. Ніколенко. Х., 2003. - 160 с.
28. Боровиков В.П. Популярне введення в сучасний аналіз даних в системі STATISTICA [Текст] / В. П. Боровиков. - М. : Гаряча лінія-Телеком, 2013. - 288 с.