

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
«ДНІПРОВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»



**ГІРНИЧИЙ ІНСТИТУТ**  
**Кафедра екології та технологій захисту навколишнього середовища**

**ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ҐРУНТІВ У ГІРНИЧОДОБУВНИХ РАЙОНАХ.**

**МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ  
ДО ВИКОНАННЯ ПРАКТИЧНИХ РОБІТ**

для студентів спеціальностей 101 «Екологія» та  
183 «Технології захисту навколишнього середовища»

Дніпро  
НТУ «Дніпровська політехніка»  
2019

Екологічна безпека ґрунтів у гірничодобувних районах. Методичні рекомендації до виконання практичних робіт для студентів спеціальностей 101 «Екологія» та 183 «Технології захисту навколишнього середовища» / Т.І. Долгова, І.Г. Миронова. – Д.: Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», 2019. – 44 с.

Автори:

Т.І. Долгова, д.т.н., проф.

І.Г. Миронова, канд. техн. наук, доц.

Затверджено до видання методичними комісіями зі спеціальностей 101 «Екологія» (протокол № 3 від 13.03.2019 р.) та 183 «Технології захисту навколишнього середовища» (протокол № 3 від 13.03.2019 р.) за поданням кафедри екології та технологій захисту навколишнього середовища (протокол № 6 від 13.02.2019).

Подано методичні рекомендації до виконання практичних робіт з дисципліни «Екологічна безпека ґрунтів у гірничодобувних районах» для магістрів спеціальностей 101 «Екологія» та 183 «Технології захисту навколишнього середовища».

Відповідальний за випуск завідувач кафедри екології та технологій захисту навколишнього середовища, д-р техн. наук, проф. А.В. Павличенко.

© Долгова Т.І., Миронова І.Г.  
НТУ «Дніпровська політехніка», 2019

## ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

В наш час ведеться пошук теоретичного підходу до комплексної оцінки стану ґрунтів, трансформованих під впливом антропогенних факторів, у тому числі внаслідок роботи підприємств гірничо-металургійного профілю, а також показників, за допомогою яких можна було б виявляти ці зміни з достатнім ступенем ймовірності. Безумовно, перелік традиційно використовуваних для цього критеріїв, великий, проте їх можливості обмежені, тому що практично всі вони мають монооціночний характер, тобто орієнтовані лише на одну з характеристик. Тому їх адекватність природі та параметрам техногенного навантаження до цього часу залишається проблематичною не тільки через багатофакторність техногенезу та різних умов їх реалізації, але й специфіки ґрунтів як полігенетичних структур.

Не викликає сумніву той факт, що на перших етапах моніторингових досліджень застосування групи аналітичних методів різного рівня, що використовуються в певній послідовності, досить виправдано, тому що з їх допомогою можна не тільки визначати специфіку регіональних ґрунтів та фоновий вміст компонентів техногенезу, характерних для певного ландшафту, але й характер забруднення промислових регіонів.

Об'єктивною основою такого багатоетапного підходу є експлуатація можливостей системи моніторингу відповідної екосистеми, реалізація яких орієнтована на інформацію, що структурована у формі бази даних.

**Мета практичних робіт** – засвоєння методів комплексної оцінки екологічної небезпеки ґрунтів в гірничодобувних районах на базі їх системного аналізу, що дозволить вивчати ці компоненти біосфери, виходячи з їх внутрішніх властивостей.

У результаті вивчення дисципліни «Екологічна безпека ґрунтів у гірничодобувних районах» студент повинен:

*знати*: специфіку деградації ґрунтів у гірничодобувних районах для отримання навичок із організації ефективного контролю екологічної безпеки за станом техногенно трансформованих ґрунтів та наслідками їх змін;

*вміти*: якісно та кількісно оцінювати вплив гірничих підприємств на ґрунти, аналізувати їх стан і здатність до самовідновлення; прогнозувати наслідки їх техногенної трансформації і визначати екологічний бонітет; вибирати екологічно доцільні напрямки та методи реабілітації ґрунтів; проводити дослідження рівня екологічної небезпеки їх деградації під впливом гірничих та металургійних об'єктів; організовувати екологічний моніторинг техногенно-перевантажених ґрунтів; забезпечувати ефективність контролю екологічної безпеки в гірничопромислових районах за станом техногенно-трансформованих ґрунтів та наслідками їх зміни.

Даний практикум містить шість практичних робіт. Кожна робота має назву, мету, постановку задачі та приклад виконання. В кінці кожної роботи наводиться перелік контрольних питань для самоперевірки.

# ПРАКТИЧНА РОБОТА №1

## ВИЗНАЧЕННЯ ІНТЕГРАЛЬНОГО ПОКАЗНИКА ЕКОЛОГІЧНОГО НАПРУЖЕННЯ ҐРУНТІВ

**Мета роботи:** набуття навичок розрахунку інтегрального показника екологічного напруження для оцінки кінцевого рівня забруднення ґрунтів, трансформованих під дією антропогенних чинників.

### 1.1. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

Для порівняльної характеристики рівня забруднення будь-яких ґрунтів, у тому числі у гірничодобувних районах, найбільш доцільним є використання інтегрального показника, який дозволив би формалізувати весь спектр забруднювачів та вийти на монооціночний критерій в залежності від їх кількісних та якісних характеристик. Таким критерієм є інтегральний показник екологічного напруження (*ШЕН*), який дозволяє оцінити кінцевий рівень забруднення ґрунтів, трансформованих під дією антропогенних чинників.

Цей показник розраховується поетапно у відповідності з нижченаведеним алгоритмом:

1. Визначення коефіцієнта забруднення або накопичення ( $C_3$ ) для окремого елемента чи речовини ( $C_i$ ) у порівнянні з його фоновим значеннями ( $C_{i\text{ фон}}$ ):

$$C_3 = \frac{C_i}{C_{i\text{ фон}}} - 1 \quad (1.1)$$

2. Визначення коефіцієнта недостатності ( $C_H$ ) для окремого елемента:

$$C_H = 1 - \frac{C_i}{C_{i\text{ фон}}} \quad (1.2)$$

3. Визначення інтегрального (або приведенного) коефіцієнта забруднення ( $\underline{C}_3$ ), який є характеристикою забруднення території з низки елементів (або речовин), де  $n$  – кількість аналізованих елементів:

$$\underline{C}_3 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left( \frac{C_i}{C_{i\text{ фон}}} - 1 \right) \quad (1.3)$$

4. Визначення інтегрального коефіцієнта недостатності ( $\underline{C}_H$ ), який є характеристикою недостатності з низки елементів (або речовин):

$$\underline{C}_H = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left( 1 - \frac{C_i}{C_{i\text{ фон}}} \right) \quad (1.4)$$

5. Визначення коефіцієнта дисбалансу аналізованих елементів чи речовин ( $C_D$ ):

$$C_D = \underline{C}_3 + \underline{C}_H \quad (1.5)$$

6. Визначення інтегрального показника забруднення (*ШЗ*) для об'єднання різних за характером показників ( $C_i$ ) у порівнянні з їх контрольними значеннями ( $C_{i\text{ к}}$ ) та переходу від багатокритеріальної до однокритеріальної

оцінки:

$$ІІЗ = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{C_i}{C_{i_k}} - 1 \right| \quad (1.6)$$

7. Визначення інтегрального показника екологічного напруження ґрунтів (ІПЕН), що використовується для ранжування території за ступенем забруднення та напруженості екологічної ситуації, який поєднує коефіцієнт дисбалансу елементів для конкретної наземної екосистеми ( $C_D$ ) та рівень її забруднення у вигляді відповідного інтегрального показника (ІІЗ):

$$ІПЕН = C_D + ІІЗ \quad (1.7)$$

## 1.2. ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

**Завдання.** Розрахувати рівень забруднення ґрунтів важкими металами у відповідності з табл. 1.1 та порівняти їх значення, зробивши висновки.

Таблиця 1.1 – Вміст важких металів у ґрунтах в різних районів Дніпропетровської області (мг металу на 1 кг ґрунту)

Район	Важкі метали						
	<i>Cr</i>	<i>Co</i>	<i>Ni</i>	<i>Cu</i>	<i>Zn</i>	<i>Cd</i>	<i>Pb</i>
контроль	34	10	13	13	41	1	10
фон	30	9	10	20	30	1	10
1	29,17	9,13	12,11	17,22	48,55	1,39	26,22
2	32,42	15,50	17,91	32,15	98,11	2,01	41,64
3	35,41	9,48	54,31	19,61	78,68	1,93	35,72
4	38,05	9,75	28,23	29,53	68,32	1,55	29,95
5	18,99	17,14	31,18	41,21	64,22	0,99	28,22
6	17,98	8,23	41,35	52,41	98,65	1,32	31,54
7	27,65	10,42	19,87	39,64	59,87	1,36	54,18

## 1.3. ПРИКЛАД РОЗРАХУНКУ

Вихідні дані наведено в табл. 1.2.

Таблиця 1.2 – Вихідні дані

Район	Важкі метали (мг/кг)						
	<i>Cr</i>	<i>Co</i>	<i>Ni</i>	<i>Cu</i>	<i>Zn</i>	<i>Cd</i>	<i>Pb</i>
контроль ( $C_{i_k}$ )	34	10	13	13	41	1	10
фон ( $C_{i_{fon}}$ )	30	9	10	20	30	1	10
м. Дніпро ( $C_i$ )	42,22	8,50	16,91	30,15	128,11	1,01	30,64

### Розв'язок.

Розрахуємо рівень забруднення ґрунтів важкими металами в м. Дніпро. Інтегральний показник екологічного напруження та коефіцієнти розрахуємо поетапно у відповідності з алгоритмом.

1. Визначимо коефіцієнт забруднення ( $C_3$ ) та коефіцієнт недостатності ( $C_H$ ) для елементів ( $C_i$ ) у порівнянні з їх фоновим значеннями ( $C_{i_{fon}}$ ).

Якщо значення елементів ( $C_i$ ) в м. Дніпро (районі) більше ніж в фоновому значенні, то розраховуємо коефіцієнт  $C_3$ . Якщо навпаки, то розраховуємо коефіцієнт  $C_H$ .

Для хрому: 
$$C_3 = \frac{C_i}{C_{i\text{ фон}}} - 1 = \frac{42,22}{30} - 1 = 0,41;$$

$C_H$  хрому дорівнює 0.

$C_i$  кобальту  $8,50 < C_{i\text{ фон}}, 9,00$ , тому  $C_3 = 0$ .

Для кобальту: 
$$C_H = 1 - \frac{C_i}{C_{i\text{ фон}}} = 1 - \frac{8,50}{9,00} = 0,056.$$

Для інших елементів важких металів  $C_3$  та  $C_H$  розраховуємо аналогічно. Результати зведемо в таблицю результатів 1.3.

2. Визначимо інтегральний коефіцієнт забруднення ( $\underline{C}_3$ ), де  $n$  – кількість аналізованих елементів:

$$\underline{C}_3 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left( \frac{C_i}{C_{i\text{ фон}}} - 1 \right) = \frac{1}{7} (0,41 + 0 + 0,69 + 0,51 + 3,27 + 0,01 + 2,06) = 0,993.$$

3. Визначимо інтегральний коефіцієнт недостатності ( $\underline{C}_H$ ):

$$\underline{C}_H = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left( 1 - \frac{C_i}{C_{i\text{ фон}}} \right) = \frac{1}{7} (0 + 0,056 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0) = 0,008.$$

4. Визначимо коефіцієнт дисбалансу аналізованих елементів ( $C_D$ ):

$$C_D = \underline{C}_3 + \underline{C}_H = 0,993 + 0,008 = 1,001.$$

5. Визначимо інтегральний показник забруднення ( $III_3$ ):

$$III_3 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{C_i}{C_{i\text{ фон}}} - 1 \right| = \frac{1}{7} \left( \left| \frac{42,22}{34} - 1 \right| + \left| \frac{8,5}{10} - 1 \right| + \left| \frac{16,91}{13} - 1 \right| + \left| \frac{30,15}{13} - 1 \right| + \left| \frac{128,11}{41} - 1 \right| + \left| \frac{1,01}{1} - 1 \right| + \left| \frac{30,64}{10} - 1 \right| \right) = 0,89$$

6. Визначимо інтегральний показник екологічного напруження ґрунтів:

$$III_{EH} = C_D + III_3 = 1,001 + 0,89 = 1,891.$$

Результати зводимо у табл. 1.3.

Таблиця 1.3 – Результати розрахунків

Важкі метали	$C_i$	$C_{i\text{ фон}}$	$C_k$	$\underline{C}_3$	$\underline{C}_H$	$C_D$	$III_3$	$III_{EH}$
Хром (Cr)	42,22	30	34	0,41	0		0,25	
Кобальт (Co)	8,50	9	10	0	0,056		0,15	
Нікель (Ni)	16,91	10	13	0,69	0		0,3	
Мідь (Cu)	30,15	20	13	0,51	0		1,32	
Цинк (Zn)	128,11	30	41	3,27	0		2,12	
Кадмій (Cd)	1,01	1	1	0,01	0		0,01	
Свинець (Pb)	30,64	10	10	2,06	0		2,06	
Середнє значення				0,993	0,008	1,001	0,89	1,89

**Висновок.**  $ПЕН=1,89$ . Аналогічним алгоритмом можна розрахувати інтегральний показник екологічного напруження ґрунтів в інших районах (табл. 1.1). Потім порівняти значення між собою та дослідити: де  $ПЕН$  вище, там і вище рівень забруднення ґрунтів.

**Контрольні питання:**

1. Наведіть фактори, які підвищують рівень забруднення ґрунтів.
2. Які важкі метали вважаються токсичними компонентами для ґрунтів?
3. Як можливо визначити рівень забруднення ґрунтів?
4. Визначення коефіцієнту забруднення елементу чи речовини.
5. Визначення коефіцієнту недостатності елементу чи речовини.
6. Як встановлюється контрольне значення ( $C_{ік}$ ) для окремої речовини чи елементу?
7. Як розрахувати інтегральний показник забруднення?

## **ПРАКТИЧНА РОБОТА №2 ВИЗНАЧЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОГО БОНІТЕТУ ҐРУНТІВ**

**Мета роботи:** ознайомлення з методом визначення екологічного бонітету ґрунтів.

### **2.1. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА.**

При вивченні екологічних аспектів стану ґрунтів, особливо в агроландшафтах, ключовим моментом є не стільки виявлення рівня їх забруднення, скільки визначення впливу різних техногенних факторів на родючість, яка є найбільш інтегральною серед всієї сукупності аналізованих функцій, тим більш що специфікою її є резервність, довгостроковість та стійкість.

Кількісна оцінка рівня родючості ґрунтів, як відомо, зветься «бонітет». На цей час існує велика кількість методів визначення бонітету. Але за допомогою цих методів оцінюють, як правило, потенційну, а не реальну родючість ґрунтів без урахування можливостей її корегування екологічними факторами. Проте вибір критеріїв цього показника, тобто вибір конкретного ознаку чи їх набору, які можуть бути покладені в його основу, повинен не тільки задовольняти меті проведення обліку рівня родючості, але й обмежитися внутрішніми властивостями систем ґрунтів, що оцінюються.

Запропоноване рівняння (2.1) враховує не тільки потенційні можливості екосистем ґрунтів, але й характер їх реалізації в конкретних екологічних умовах та умовах фонового техногенного навантаження:

$$B_e = \frac{B_z + B_{no}}{C_{D\ NPK} + ПЕН_{вм}}, \quad (2.1)$$

де  $B_e$  – екологічний бонітет ґрунтів;  $B_z$  – відносний бал вмісту гумусу в ґрунтах;  $B_{no}$  – відносний бал співвідношення поглинутих основ

$(Ca^{2+}+Mg^{2+})/Na^+$ ;  $C_{D\ NPK}$  – коефіцієнт дисбалансу з основних елементів живлення (N, P, K);  $ПЕН_{BM}$  – інтегральний показник екологічного напруження ґрунтів з пріоритетних важких металів.

Підставивши значення всіх перелічених параметрів у (2.1) з наступним перетворенням одержаного рівняння, отримаємо наступне:

$$B_e = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left[ \frac{\frac{X_i}{X_{onm}} + \frac{Y_i}{Y_{onm}}}{\left| \frac{C_i}{C_\phi} - 1 \right| + \left( \left| \frac{П_i}{П_\phi} - 1 \right| + \left| \frac{П_i}{П_\kappa} - 1 \right| \right)} \right], \quad (2.2)$$

де  $B_e$  – екологічний бонітет ґрунтів;  $X_i$  – вміст гумусу в техногенних ґрунтах;  $X_{onm}$  – вміст гумусу, оптимальне для цього типу ґрунтів;  $Y_i$  – співвідношення поглинутих основ  $(Ca^{2+}+Mg^{2+})/Na^+$  в техногенних ґрунтах;  $Y_{onm}$  – співвідношення поглинутих основ  $(Ca^{2+}+Mg^{2+})/Na^+$ , оптимальне для цього типу ґрунтів;  $C_i$  – вміст елементів живлення (N, P, K) в техногенних ґрунтах;  $C_\phi$  – вміст елементів живлення (N, P, K) в ґрунтах регіонального фону;  $П_i$  – вміст пріоритетних важких металів в техногенних ґрунтах;  $П_\phi$  – вміст пріоритетних важких металів в ґрунтах регіонального фону;  $П_\kappa$  – вміст пріоритетних важких металів у контролі;  $n$  – кількість дослідницьких проб ґрунтів.

Ґрунти виникають, функціонують та відтворюються внаслідок процесів, що прямо пов'язані з життям. Як специфічному природно історичному тілу йому властиві ознаки, серед яких найважливішим є вміст гумусу. Тому концентрація гумінових речовин є якісним та кількісним критерієм, діагностичною ознакою стану ґрунтів.

Це також стосується співвідношення поглинутих основ  $[(Ca^{2+}+Mg^{2+})/Na^+]$ , що вкрай потрібні ґрунтам через те, що вони забезпечують нормальне протікання в них біогеохімічних процесів за рахунок нормалізації структури ґрунтів, оптимізації співвідношення волога: повітря, а тому є необхідною умовою формування родючості. Більш того, співвідношення цих катіонів у ґрунтово-поглинаючому комплексі є індикаторною характеристикою ступеня їх засолення. Саме тому ці функції (рівень гуматів та співвідношення поглинутих основ) і були використані при складанні рівняння (2.1). Проте при об'єднанні різних величин з різноманітними кількісними значеннями і одиницями виміру в єдине інтегральне рівняння необхідно оперувати безрозмірними поняттями, тому в цьому рівнянні були використані відношення фактичного рівня показників до їх оптимальних значень, що до того ж потрібно для зіставлення контролюємих параметрів з їх нормою.

Наступним, не менш важливим критерієм родючості, є вміст в ґрунтах у доступній формі таких речовин живлення як N та зольні елементи – P і K, рівень яких також вказує на інтенсивність процесів мінералізації органіки ґрунтів. Проте суттєві не стільки їх абсолютні концентрації, скільки співвідно-



шення цих інгредієнтів *in situ* та в нормі. Саме тому було використано таке поняття як «коефіцієнт дисбалансу з основних елементів живлення», який розмістили у знаменнику рівняння через те, що він характеризує ступінь відхилення співвідношення вказаних елементів від оптимуму для конкретного типу регіональних ґрунтів.

Через те, що необхідно охарактеризувати не просто родючість, а саме «екологічну» (або реальну) родючість ґрунтів, використання в рівнянні (2.1) показників забруднення ґрунтів є вкрай необхідним. Проте урахувати всі фактори антропогенезу (особливо хімічної природи), що впливають на родючість ґрунтів, неможливо. Тому були обрані лише важкі метали. Чому ж саме ці забруднювачі? Це було обумовлено тим, що проблема забруднення ґрунтів України в цілому та Дніпропетровської області зокрема саме цими компонентами стала найбільш актуальною у зв'язку з так званою «металізацією» біосфери, що супроводжується збільшенням впливу цих елементів та їх сполучень практично на всі етапи біогеохімічних циклів, які забезпечують стійкість екосистем. Крім того, важкі метали – це елементи, які практично не підлягають деструкції у ґрунтах, а лише змінюють валентність та форму свого існування, а тому їх ефекти (особливо в умовах постійного поповнення загального пулу) зростають і в якісному, і в кількісному відношенні.

Слід також відмітити, що наведене рівняння посередньо враховує й інші фактори, що впливають на родючість ґрунтів (внесок мінеральних та органічних добрив, зміни щільності та механічного складу ґрунтів, а також окислювально-відновлювальних умов і т. ін.). Інакше кажучи, у рівнянні (2.2) автоматично генерується практично вся необхідна інформація, тому один рівень забезпечує даними іншій, замінюючи дорогі натурні виміри.

Необхідно також відмітити, що розроблене рівняння відноситься до типу так званих субстантивних, тому що воно побудовано з урахуванням внутрішніх властивостей ґрунтів, що тісно корелюють з врожайністю, яку вони в змозі забезпечити.

## 2.2. ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА.

**Завдання.** Розрахувати рівень екологічного (реального) бонітету ґрунтів у відповідності з табл. 2.1 за прикладом, проаналізувати одержані результати та зробити відповідні висновки.

## 2.3. ПРИКЛАД РОЗРАХУНКУ

Розрахуємо рівень екологічного бонітету ґрунтів в 1-ому районі з табл. 2.1 поступово. Спочатку визначимо  $B_2$ , потім  $B_{по}$ ,  $C_{ДНPK}$  та  $ПЕН_{вм}$ .

### Розв'язок.

1. Визначимо відносний бал вмісту гумусу в ґрунтах:

$$B_2 = \frac{X_i}{X_{opt}} = \frac{3,56}{5,18} = 0,69.$$

2. Визначимо відносний бал співвідношення поглинутих основ

$(Ca^{2+}+Mg^{2+})/Na^{+}$ :

$$B_{no} = \frac{Y_i}{Y_{opt}} = \frac{(22,36+15,56)/1,18}{(35,26+18,56)/3,22} = 1,92.$$

Визначимо коефіцієнт дисбалансу за основними елементами живлення (N, P, K) (табл. 2.2).

Розрахунок  $C_z$  та  $C_n$  проводимо за прикладом першої практичної роботи.

Таблиця 2.1 – Хімічні показники ґрунтів окремих регіонів (мг/кг)

Показник	Фон, 1,3/2,4*	Контроль	1 район		2 район		3 район		4 район	
			оптимум	фактично	оптимум	фактично	оптимум	фактично	оптимум	фактично
Гумус			5,18	3,56	3,25	2,22	2,46	3,56	4,22	4,01
Кальцій			35,26	22,36	45,14	38,12	38,28	41,15	41,97	37,35
Магній			18,56	15,56	21,19	19,87	19,65	22,36	22,45	20,87
Натрій			3,22	1,18	2,45	3,56	3,18	2,99	4,00	4,26
Азот	2,15/3,54			4,69		1,67		3,65		2,85
Фосфор	1,54/1,89			2,22		1,56		1,11		1,89
Калій	12,18/9,41			11,22		12,85		8,54		11,37
Хром	30	34		41,15		28,14		29,47		37,19
Кобальт	9	10		8,15		11,45		8,56		12,45
Нікель	10	13		18,26		7,15		12,87		21,25
Мідь	20	13		45,21		25,18		15,26		36,28
Цинк	30	41		65,78		30,18		45,36		22,58
Кадмій	1	1		0,89		2,15		1,87		1,11
Свинець	10	10		22,32		11,18		16,21		31,54

Примітка. (\*) – 1,3/2,4 відноситься лише до азоту, фосфору та калію

Таблиця 2.2 – Розрахунок коефіцієнту дисбалансу

Хімічний показник	$C_i$	$C_{i_{fon}}$	$C_z$	$C_n$	$C_{D\text{ NPK}}$
Азот (N)	4,69	2,15	1,18	0	
Фосфор (P)	2,22	1,54	0,44	0	
Калій (K)	11,22	12,18	0	0,08	
Середнє значення			0,54	0,03	

1. Визначимо інтегральний показник екологічної напруженості ґрунтів за пріоритетними важкими металами (табл. 2.3).

Розрахунок  $ШПЕН_{вм}$  проводимо за прикладом першої практичної роботи.

2. Визначимо екологічний бонітет ґрунтів в 1-ому районі:

$$B_e = \frac{B_z + B_{no}}{C_{D\text{ NPK}} + ШПЕН_{вм}} = \frac{0,68 + 1,92}{0,57 + 1,48} = 1,27.$$

Таблиця 2.3 – Розрахунок ПЕН<sub>вм</sub> ґрунтів

Важкі метали	$C_i$	$C_{i_{fon}}$	$C_k$	$C_z$	$C_n$	$C_d$	ПЗ	ПЕН
Хром (Cr)	41,15	30	34	0,37	0		0,21	
Кобальт (Co)	8,15	9	10	0	0,09		0,19	
Нікель (Ni)	18,26	10	13	0,83	0		0,40	
Мідь (Cu)	45,21	20	13	1,26	0		2,48	
Цинк (Zn)	65,78	30	41	1,19	0		0,60	
Кадмій (Cd)	0,89	1	1	0	0,11		0,11	
Свинець (Pb)	22,32	10	10	1,23	0		1,23	
Середнє значення				0,70	0,03	0,73	0,75	1,48

**Висновок.**  $Be=1,27$ . Аналогічним алгоритмом можна визначити екологічний бонітет в інших районах (табл. 2.1). Потім порівняти значення між районам та дослідити: де  $Be$  вище, там і вище рівень родючості ґрунтів.

### **Контрольні питання:**

1. Назвіть техногенні фактори, які впливають на родючість ґрунтів.
2. Надати поняття «бонітет».
3. Які параметри треба врахувати для визначення рівня екологічної родючості ґрунтів?
4. Для чого потрібні ґрунтам співвідношення поглинутих основ?
5. Для чого потрібні у ґрунтах речовини живлення?
6. Навести формулу розрахунку екологічного бонітету ґрунтів.
7. Які важкі метали вважаються пріоритетними?
8. Які властивості мають важкі метали?

## **ПРАКТИЧНА РОБОТА № 3**

### **МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ АДАПТИВНОГО ПОТЕНЦІАЛУ ҐРУНТІВ (АПГ) ТА КОЕФІЦІЄНТУ РЕАКЦІЇ ҐРУНТІВ НА ТЕХНОГЕННИЙ ВПЛИВ**

**Мета роботи:** ознайомлення з адаптивним потенціалом ґрунтів (АПГ) як з показником здатності цих екосистем до самоочищення та з коефіцієнтом реакції ґрунтів на техногенне навантаження; навчитись методу визначення цих показників.

### **3.1. Метод визначення адаптивного потенціалу ґрунтів (АПГ).**

#### **ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА**

Одним з універсальних параметрів ранньої діагностики забруднення ґрунтів вважається комплекс їх біологічних характеристик. Аргументацією цьому твердженню є той факт, що ґрунти, як відомо, є біокосною системою, яка функціонує як єдине ціле при узгодженому протіканні процесів хімічних, біологічних та біохімічних. Але, як відомо, активність та спрямованість біохімічних змін визначається кількісним та якісним спектром ферментів, тому

контроль ензиматичної активності систем ґрунтів повинен забезпечувати об'єктивне уявлення про специфіку біопроеесів в межах профілю ґрунтів, а також про рівень їх антропогенної корекції. Крім того, біологічні показники дозволяють виявляти ефект забруднення незалежно від джерела та природи техногенного фактора, формалізуючи таким чином сам процес антропогенезу.

Таким чином можна сказати, що ензиматична активність ґрунтів, як один з методів їх ранньої біодіагностики, забезпечує виявлення характеру та глибини впливу можливих екстремальних факторів на ґрунти, а тому є по суті критерієм їх біохімічного функціонування, що доводить доцільність використання цих показників в якості експрес-тестів під час моніторингу.

Проте максимально об'єктивна оцінка забруднення ґрунтів стає можливою тільки на базі системи показників, які враховують як ступінь забруднення, так і різні властивості цих екосистем, які зумовлюють їх стійкість до впливу забруднюючих речовин і котрі підлягають трансформації під їх впливом.

Тому під час аналізу ступеня зміни ґрунтів при забрудненні були обрані також показники ґрунтоутворюючих процесів, тобто ті параметри, які прямо чи опосередковано віддзеркалюють практично всі зміни, що мають місце у ґрунтах. До цієї групи увійшли якісний та кількісний склад гумусу, окислювально-відновлювальні умови, що вказують на спрямованість процесів у ґрунтах, ступінь мінералізації його розчину, а також колоїдно-хімічні властивості цих екосистем – склад та вміст обмінних катіонів ґрунтово-поглинаючого комплексу. Зведення, таким чином, до мінімуму аналізуємих параметрів, дозволило вийти на найбільш повні в інформаційному відношенні критерії. Таким чином були забезпечені основні вимоги до вибору вектора моніторингу, а саме – здійсненність та репрезентативність.

Узагальнення одержаної інформації дозволило вийти на інтегральну оцінку якості ґрунтів з екологічної позиції, що забезпечує виявлення прямої залежності змін їх характеристик від сукупного забруднення.

Таким показником став адаптивний потенціал ґрунтів (*АПГ*), який є також показником здатності цих екосистем до самоочищення. Представимо у вигляді:

$$АПГ = f(Ox_{акт}, C_{DНПК}, ППЕН_{ВМ}), \quad (3.1)$$

де  $Ox_{акт}$  – сумарна активність основних окислювальних ферментів ґрунтів – пероксидази, поліфенолоксидази, каталази та дегідрогеназ;  $C_{DНПК}$  – коефіцієнт дисбалансу з основних елементів живлення (N, P, K);  $ППЕН_{ВМ}$  – інтегральний показник екологічної напруженості ґрунтів з пріоритетних для цього регіону важких металів.

Підставивши значення  $Ox_{акт}$ ,  $C_{D НПК}$  та  $ППЕН_{ВМ}$  у рівняння (3.1) та перетворивши його, можна одержати наступне рівняння:

$$АПГ = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left[ \frac{Pe_i + P\phi_i + K_i + D\epsilon_i}{\left| \frac{C_i}{C_\phi} - 1 \right| + \left( \left| \frac{Pi}{P_\phi} - 1 \right| + \left| \frac{Pi}{Pk} - 1 \right| \right)} \right], \quad (3.2)$$

де  $AПГ$  – адаптивний потенціал ґрунтів;  $Пе_i$  – активність пероксидази техногенно навантажених ґрунтів;  $Пф_i$  – активність поліфенолоксидази пероксидази техногенно навантажених ґрунтів;  $К_i$  – активність каталази пероксидази техногенно навантажених ґрунтів;  $Дг_i$  – активність дегідрогеназ пероксидази техногенно навантажених ґрунтів;  $С_i$  – вміст елементів живлення (N, P, K) у пероксидази техногенно навантажених ґрунтах;  $С_ф$  – вміст елементів живлення (N, P, K) у ґрунтах регіонального фону;  $П_i$  – вміст пріоритетних важких металів у пероксидазі техногенно навантажених ґрунтів;  $П_ф$  – вміст пріоритетних важких металів у ґрунтах регіонального фону;  $П_к$  – вміст пріоритетних для цього регіону важких металів у ґрунтах фонового полігону (у контролі);  $n$  – кількість дослідницьких проб ґрунтів.

Чисельник у цьому виразі залежить від знаменника, а їх співвідношення характеризує питому біологічну активність ґрунтів, яка обумовлює їх резерв мінливості під впливом техногенних факторів, що віддзеркалює їх потенційну здатність до самоочищення.

В залежності від значення  $AПГ$  здатність ґрунтів до самоочищення можна визначити як:

- $AПГ \leq 1,00$  – мінімальну;
- $1,00 < AПГ \leq 2,00$  – низьку;
- $2,00 < AПГ \leq 3,00$  – помірну;
- $3,00 < AПГ \leq 4,00$  – середню;
- $AПГ > 4,00$  – високу.

### **3.2. МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТУ РЕАКЦІЇ ҐРУНТІВ НА ТЕХНОГЕННИЙ ВПЛИВ ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА**

Для визначення ступеня мінливості ґрунтів при техногенному впливі на них зручно користуватися безрозмірною величиною, яка дозволяє виміряти не абсолютні значення контролюємих параметрів, а їх розмір з поправкою на фонові рівні аналогічних характеристик.

Для цього був запропонований коефіцієнт реакції ґрунтів на техногенне навантаження, який враховує їх потенційну здатність до самоочищення у відношенні до техногенної складової діючих факторів:

$$K = \frac{AПГ_K - AПГ_3}{AПГ_K}, \quad (3.3)$$

де  $K$  – коефіцієнт реакції ґрунтів на техногенний вплив;  $AПГ_3$  – значення адаптивного потенціалу ґрунтів при забрудненні;  $AПГ_K$  – значення адаптивного потенціалу ґрунтів в умовах контролю.

Для того, щоб проаналізувати ступінь мінливості ґрунтів під впливом факторів техногенезу необхідно провести відповідне ранжування значень коефіцієнта « $K$ »:

- $0,000 < K \leq 0,200$  – низька;
- $0,200 < K \leq 0,400$  – помірна;

- $0,400 < K \leq 0,600$  – середня;
- $0,600 < K \leq 0,800$  – висока;
- $K > 0,800$  – критична.

Наведений показник є оптимальним не тільки для моніторингу ґрунтів, але й для контролю їх екологічного потенціалу – він точний, чутливий, досить простий, універсальний, а також специфічний. Крім того, розрахована з його допомогою ступінь мінливості ґрунтів під час їх техногенезу дозволяє підійти безпосередньо до виявлення межі інваріантності останніх у вигляді їх екологічного потенціалу та забезпечує можливість орієнтуватися щодо екологічної небезпеки цих ґрунтів: чим ближче цей показник до 1,00, тим більш небезпечним є техногенний вплив на ці екосистеми.

### 3.3. ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

**Завдання.** Розрахувати рівень адаптивного потенціалу ґрунтів (*АПГ*) та коефіцієнт їх реакції на техногенний вплив (*K*) у відповідності з табл. 3.1, оцінити їх якісний характер та зробити відповідні висновки.

Таблиця 3.1 – Основні характеристики ґрунтів для визначення їх *АПГ* та *K*

Показник, мг/кг	Контроль	1 район		2 район		3 район		4 район	
		фон	фактично	фон	фактично	фон	фактично	фон	фактично
Pe		3,98	2,37	4,51	3,04	3,98	1,99	4,51	2,91
П/ф		0,897	0,198	0,812	0,053	0,897	0,328	0,812	0,049
Дг		9,95	2,05	10,52	2,45	9,95	8,83	10,52	12,15
K		15,41	23,14	14,87	16,35	15,41	6,15	14,87	26,59
Азот	1,95	2,15	3,69	3,54	2,67	2,15	2,65	3,54	3,85
Фосфор	2,15	1,54	2,29	1,89	2,56	1,54	1,88	1,89	2,89
Калій	10,21	12,18	21,22	9,41	14,85	12,18	10,54	9,41	10,37
Хром	34	30	31,15	30	38,14	30	39,47	30	34,19
Кобальт	10	9	11,15	9	11,85	9	18,56	9	10,45
Нікель	13	10	21,26	10	8,15	10	16,87	10	11,25
Мідь	13	20	35,21	20	23,18	20	25,26	20	26,28
Цинк	41	30	75,78	30	34,18	30	65,36	30	32,58
Кадмій	1	1	1,89	1	1,15	1	1,57	1	1,19
Свинець	10	10	42,32	10	14,18	10	26,21	10	21,54

### 3.4. ПРИКЛАД РОЗРАХУНКУ

Розрахуємо рівень адаптивного потенціалу ґрунтів (*АПГ*) та коефіцієнт їх реакції на техногенний вплив (*K*) в 1-ому районі у відповідності з табл. 3.1, оцінимо його якісний характер та зробимо відповідні висновки.

**Розв'язок.**

**1. Визначимо адаптивний потенціал ґрунтів при забрудненні в 1-ому районі.**

1.1. Визначимо сумарну активність основних окислювальних ферментів ґрунтів:

$$Ox_{акт} = Pe_i + Pf_i + K_i + Dz_i = 2,37 + 0,198 + 2,05 + 23,14 = 27,758.$$

1.2. Визначимо коефіцієнт дисбалансу за основними елементами живлення (N, P, K) (табл. 3.2).

Розрахунок  $C_z$  та  $C_H$  проводимо за прикладом першої практичної роботи.

Таблиця 3.2 – Розрахунок коефіцієнту дисбалансу

Хімічний показник	$C_i$	$C_{i_{фон}}$	$C_z$	$C_H$	$C_{D_{NPK}}$
Азот (N)	3,69	2,15	0,72	0	
Фосфор (P)	2,29	1,54	0,49	0	
Калій (K)	21,22	12,18	0,74	0	
Середнє значення			0,65	0	

1.3. Визначимо інтегральний показник екологічної напруженості ґрунтів за пріоритетними важкими металами (табл. 3.3).

Таблиця 3.3 – Розрахунок ППЕН<sub>вм</sub> ґрунтів

Важкі метали	$C_i$	$C_{i_{фон}}$	$C_k$	$C_z$	$C_H$	$C_d$	ППЗ	ППЕН
Хром (Cr)	31,15	30	34	0,04	0		0,08	
Кобальт (Co)	11,15	9	10	0,24	0		0,12	
Нікель (Ni)	21,26	10	13	1,13	0		0,64	
Мідь (Cu)	35,21	20	13	0,76	0		1,71	
Цинк (Zn)	75,78	30	41	1,53	0		0,85	
Кадмій (Cd)	1,89	1	1	0,89	0		0,89	
Свинець (Pb)	42,32	10	10	3,23	0		3,32	
Середнє значення				1,12	0	1,12	1,07	2,19

1.4. Визначимо адаптивний потенціал ґрунтів при забрудненні в 1-ому районі.

$$АППЗ = \frac{Ox_{акт}}{C_{D_{NPK}} + ППЕН_{вм}} = \frac{27,758}{0,65 + 2,19} = 9,77.$$

АППЗ майже 10. Це показує, що здатність ґрунтів до самоочищення висока.

**2. Визначимо адаптивний потенціал ґрунтів в умовах контролю в 1-ому районі.**

2.1. Визначимо сумарну активність основних окислювальних ферментів ґрунтів:

$$Ox_{акт} = Pe_i + Pf_i + K_i + Dz_i = 3,98 + 0,897 + 9,95 + 15,41 = 30,237.$$

2.2. Визначимо коефіцієнт дисбалансу за основними елементами живлення (N, P, K) (табл. 3.4).

Таблиця 3.4 – Розрахунок коефіцієнту дисбалансу

Хімічний показник	$C_{i\text{ фон}}$	контроль ( $C_k$ )	$C_z$	$C_H$	$C_{D\text{ НРК}}$
Азот (N)	2,15	1,95	0,103	0	
Фосфор (P)	1,54	2,15	0	0,28	
Калій (K)	12,18	10,21	0,193	0	
Середнє значення			0,099	0,093	0,192

2.3. Визначимо інтегральний показник екологічної напруженості ґрунтів за пріоритетними важкими металами (табл. 3.5).

Таблиця 3.5 – Розрахунок  $ПЕН_{\text{вм}}$  ґрунтів

Важкі метали	$C_{i\text{ фон}}$	$C_k$	$C_z$	$C_H$	$C_d$	$ПЗ$	$ПЕН$
Хром (Cr)	30	34	0	0,12		0,12	
Кобальт (Co)	9	10	0	0,1		0,1	
Нікель (Ni)	10	13	0	0,23		0,23	
Мідь (Cu)	20	13	0,54	0		0,54	
Цинк (Zn)	30	41	0	0,27		0,27	
Кадмій (Cd)	1	1	0	0		0	
Свинець (Pb)	10	10	0	0		0	
Середнє значення			0,08	0,103	0,183	0,18	0,363

2.4. Визначимо адаптивний потенціал ґрунтів в умовах контролю в 1-ому районі.

$$АПГ_K = \frac{Ox_{\text{акт}}}{C_{D\text{ НРК}} + ПЕН_{\text{вм}}} = \frac{30,237}{0,192 + 0,363} = 54,5.$$

$АПГ_K$  дорівнює 10. Це показує, що здатність ґрунтів до самоочищення дуже висока.

**3. Визначимо коефіцієнт реакції ґрунтів на техногенний вплив в 1-ому районі:**

$$K = \frac{АПГ_K - АПГ_3}{АПГ_K} = \frac{54,5 - 9,77}{54,5} = 0,82.$$

**Висновок.**  $K=0,82$ . Це показує, що ступінь мінливості ґрунтів під впливом факторів техногенезу критичний.

Аналогічним алгоритмом можна визначити коефіцієнт реакції ґрунтів на техногенний вплив в інших районах (табл. 3.1). Потім проаналізувати та зробити відповідні висновки.

#### **Контрольні питання:**

1. Що можливо оцінити показником «адаптивний потенціал ґрунтів»?
2. Що треба врахувати для розрахунку показника здатності ґрунтів до самоочищення?
3. Як можна визначити показник здатності ґрунтів до самоочищення?
4. Що треба врахувати для розрахунку коефіцієнту реакції ґрунтів на техногенне навантаження?
5. Як можна проаналізувати ступінь мінливості ґрунтів?



## ПРАКТИЧНА РОБОТА № 4

### МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОГО ПОТЕНЦІАЛУ ҐРУНТІВ

**Мета роботи:** ознайомлення з екологічним потенціалом ґрунтів (*E*) як з відносним показником екологічної стійкості ґрунтів до забруднення або як з рівнем екологічної толерантності.

#### 4.1. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

Одним з елементів комплексного моніторингу довкілля є оцінка прогнозованого стану біосфери, тобто її всебічний аналіз з виділенням пріоритетів, до яких, безумовно, відноситься стійкість екосистем, у тому числі й ґрунтів. Це ствердження походить з того, що ґрунти, які є енергетично відкритою природною структурою, займають виключно важливе місце у циклічних процесах обміну речовиною та енергією між літосферою, атмосферою, гідросферою та усіма організмами, що мешкають на Землі. Це й визначило їх центральне місце в забезпеченні інваріантності останніх.

Проте сама стійкість ґрунтів – поняття відносне. Практично завжди існує резерв мінливості, який виявляється під час змін інтенсивності екофакторів. Цей резерв, який частіше всього визначається як адаптивний потенціал ґрунтів, є необхідним компонентом її норми. Тому порівнювати різні ґрунти чи різні стани однієї ґрунтової системи відносно рівня їх інваріантності необхідно тільки у відношенні до дестабілізуючого впливу певного виду та сили або їх сполучень. Але через те, що всі фактори, особливо антропогенні, частіше всього виходять за межі нормальної амплітуди ритмів у межах однієї інваріанти, ефект їх може бути гетерогенним – від зростання стійкості (чи її стабілізації) до зменшення або навіть знищення.

Проблема стабільності суттєвим чином ускладнюється за рахунок того, що екосистеми (особливо ґрунти) можуть одночасно випробувати різноспрямований вплив, за рахунок чого вони наближаються до межі, за якою наступають зміни не тільки їх структури та функцій, але й самої природи.

В наш час є спосіб діагностики стійкості ґрунтів, який базується на вивченні характеру змін рівня ентропії в аналізованих системах, що є елементом теорії відносності. У відповідності з нею, чим ближча ентропія ґрунтів до теоретично можливого максимуму, тим вони менш стійкі та більш чутливі до змін стану факторів довкілля. Недоліком цього методу є складність його реалізації, а також більш теоретичний, чим практичний характер, що ускладнює його використання.

Виходячи з того, що стійкість – це співвідношення відхилення від норми та параметрів впливу, була запропонована функція, яка дозволяє визначати «екологічний потенціал ґрунтів». Цей агрегований показник містить кількісну оцінку дестабілізуючих елементів, які сформовані під впливом багатьох факторів антропогенезу. Саме тому інтегральний характер цього виразу забезпечує облік багатьох реакцій ґрунтів та одночасно їх адекватність багатокомпонентним ефектам.

Застосування запропонованого методу робить можливою об'єктивну характеристику ступеня деградаційних явищ та стану процесів самовідновлення ґрунтів. Крім того, усувається суб'єктивізм у виявленні особливостей стимуляції їх відновлення, об'єму та спрямованості таких робіт, тому що одержана оцінка рівня стійкості є одночасно критерієм під час вибору методів практичного рішення проблем моніторингу ґрунтів.

У загальному вигляді це відносний показник екологічної стійкості системи до забруднення або екологічна ємність системи, яка дозволяє встановлювати характер функціонування ґрунту як саморегульованого у часі поліфункційного та гетерогенного об'єкту. Інакше – це параметри екологічної ниші ґрунтів, екологічний діапазон функціонування або рівень екологічної толерантності.

Запропонований спосіб кількісної оцінки межі інваріантності ґрунтів, а також характеру їх функціонування як саморегульованої у часі системи включає визначення відношення активності процесів біохімічного самоочищення ґрунтів у формі їх адаптивного потенціалу до дисбалансу фізичних та хімічних факторів у вигляді активної кислотності, глибини гуміфікації та рівня органічного вуглецю, що приймають участь у регенерації ґрунтів:

$$E = \frac{АПГ_3}{C_{D\text{ рН}} + C_{D\text{ Сo}} + C_{D\text{ зз}}}, \quad (4.1)$$

де  $АПГ_3$  – адаптивний потенціал ґрунтів при забрудненні;  $C_{D\text{ рН}}$  – коефіцієнт дисбалансу активної кислотності ґрунтів (рН);  $C_{D\text{ Сo}}$  – коефіцієнт дисбалансу рівня органічного вуглецю у ґрунтах;  $C_{D\text{ зз}}$  – коефіцієнт дисбалансу глибини гуміфікації ґрунтів, де глибина гуміфікації  $K_{зз} = \Pi/\phi:\text{Пе}$ .

Підставивши значення  $C_{D\text{ рН}}$ ,  $C_{D\text{ Сo}}$  та  $C_{D\text{ зз}}$  у (4.1) та перетворивши одержане рівняння, отримаємо наступний вираз:

$$E = \frac{АПГ_3}{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left( \left| \frac{C_i^{\text{рН}}}{C_{\phi}^{\text{рН}}} - 1 \right| + \left| \frac{C_i^{\text{Сo}}}{C_{\phi}^{\text{Сo}}} - 1 \right| + \left| \frac{C_i^{\text{зз}}}{C_{\phi}^{\text{зз}}} - 1 \right| \right)}, \quad (4.2)$$

де  $E$  – екологічний потенціал ґрунтів;  $АПГ_3$  – адаптивний потенціал ґрунтів при забрудненні;  $C_i^{\text{рН}}$  – активна кислотність техногенних ґрунтів;  $C_{\phi}^{\text{рН}}$  – активна кислотність ґрунтів регіонального фону;  $C_i^{\text{Сo}}$  – вміст органічного вуглецю у техногенних ґрунтах;  $C_{\phi}^{\text{Сo}}$  – вміст органічного вуглецю у ґрунтах регіонального фону;  $C_i^{\text{зз}}$  – глибина гуміфікації техногенних ґрунтів;  $C_{\phi}^{\text{зз}}$  – глибина гуміфікації ґрунтів регіонального фону;  $n$  – кількість дослідницьких проб ґрунтів.

Рівняння (4.2) адекватно віддзеркалює рівень екологічної стійкості ґрунтів до техногенного навантаження, що свідчить про діапазон їх функціонування. Застосування запропонованого методу робить можливою об'єктивну характеристику ступеня деградаційних явищ у ґрунтах та стану процесів їх самовідновлення.

В залежності від значення екологічного потенціалу ґрунти за величиною

екологічної стійкості поділяються на наступні категорії:

- $E \leq 1$  – ґрунти екологічно нестійкі,
- $1 < E \leq 2$  – екологічна стійкість ґрунтів низька,
- $2 < E \leq 3$  – екологічна стійкість ґрунтів задовільна,
- $E > 3$  – екологічна стійкість ґрунтів висока.

#### 4.2. ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

**Завдання.** Розрахувати рівень екологічної стійкості ґрунтів ( $E$ ) у відповідності з табл. 4.1, оцінити їх категорію та зробити адекватні висновки.

Таблиця 4.1 – Основні характеристики ґрунтів для визначення їх екологічної стійкості

Показник, мг/кг	Контроль	1 район		2 район		3 район		4 район	
		Фон	фактично	Фон	фактично	Фон	фактично	Фон	фактично
$S_{орг.}, \%$		0,51	1,34	0,63	2,07	0,51	0,92	0,63	1,85
pH		7,14	6,25	7,37	6,11	7,14	7,59	7,37	8,14
Pe		4,29	3,37	4,79	1,04	4,29	4,99	4,79	1,91
П/ф		0,978	0,298	0,918	0,153	0,978	0,428	0,918	0,149
Дг		10,17	8,05	10,67	2,45	10,17	5,83	10,67	11,15
К		15,26	23,14	15,96	14,35	15,26	16,15	15,96	31,59
Азот		3,40	2,69	2,50	3,67	3,40	4,65	2,50	1,85
Фосфор		1,80	2,29	1,40	1,56	1,80	3,88	1,40	1,89
Калій		10,00	11,22	8,00	24,85	10,00	15,54	8,00	16,37
Хром	34	30	37,15	30	28,14	30	22,47	30	44,19
Кобальт	10	9	14,15	9	8,85	9	28,56	9	15,45
Нікель	13	10	11,26	10	18,15	10	26,87	10	19,25
Мідь	13	20	39,21	20	33,18	20	27,26	20	16,28
Цинк	41	30	65,78	30	24,18	30	45,36	30	72,58
Кадмій	1	1	1,29	1	1,85	1	2,57	1	2,19
Свинець	10	10	32,32	10	24,18	10	29,21	10	27,54

#### 4.3. ПРИКЛАД РОЗРАХУНКУ

Розрахуємо рівень екологічної стійкості ґрунтів ( $E$ ) в 1-ому районі з табл. 4.1 поступово.

**Розв'язок.**

**Визначимо екологічну стійкість ґрунтів в 1-ому районі.**

1. Визначимо адаптивний потенціал ґрунтів.

1.1. Визначимо сумарну активність основних окислювальних ферментів ґрунтів:

$$Ox_{акт} = Pe_i + Pf_i + K_i + Dg_i = 3,37 + 0,298 + 8,05 + 23,14 = 34,858.$$

1.2. Визначимо коефіцієнт дисбалансу за основними елементами живлення (N, P, K) (табл. 4.2).

Таблиця 4.2 – Розрахунок коефіцієнту дисбалансу

Хімічний показник	$C_i$	$C_{i_{fon}}$	$\underline{C}_z$	$\underline{C}_H$	$C_{D_{NPK}}$
Азот (N)	2,69	3,4	0	0,21	
Фосфор (P)	2,29	1,8	0,27	0	
Калій (K)	11,22	10	0,12	0	
Середнє значення			0,13	0,07	0,20

1.3. Визначимо інтегральний показник екологічної напруженості ґрунтів за пріоритетними важкими металами (табл. 4.3).

Таблиця 4.3 – Розрахунок ПЕН<sub>ВМ</sub> ґрунтів

Важкі метали	$C_i$	$C_{i_{fon}}$	$C_k$	$\underline{C}_z$	$\underline{C}_H$	$C_d$	ПЗ	ПЕН
Хром (Cr)	37,15	30	34	0,24	0		0,09	
Кобальт (Co)	14,15	9	10	0,57	0		0,42	
Нікель (Ni)	11,26	10	13	0,13	0		0,13	
Мідь (Cu)	39,21	20	13	0,96	0		2,02	
Цинк (Zn)	65,78	30	41	1,19	0		0,60	
Кадмій (Cd)	1,29	1	1	0,29	0		0,29	
Свинець (Pb)	32,32	10	10	2,23	0		2,32	
Середнє значення				0,80	0	0,80	0,83	1,63

1.4. Визначимо адаптивний потенціал ґрунтів при забрудненні в 1-ому районі.

$$АПГ_3 = \frac{Ox_{акм}}{C_{D_{NPK}} + ПЕН_{ВМ}} = \frac{34,858}{0,20 + 1,63} = 19,05.$$

АПГ<sub>3</sub> більше 10. Це показує, що здатність ґрунтів до самоочищення висока.

2. Визначимо екологічний потенціал ґрунтів

$$E = \frac{АПГ_3}{\left| \frac{C_i^{pH}}{C_\phi^{pH}} - 1 \right| + \left| \frac{C_i^{Co}}{C_\phi^{Co}} - 1 \right| + \left| \frac{C_i^{Zn}}{C_\phi^{Zn}} - 1 \right|} = \frac{19,05}{\left| \frac{6,25}{7,14} - 1 \right| + \left| \frac{1,34}{0,52} - 1 \right| + \left| \frac{0,298/3,37}{0,987/4,29} - 1 \right|} = 8,06$$

**Висновок.**  $E=8,06$ . Це показує, що ґрунти мають високу екологічну стійкість до забруднення.

Аналогічним алгоритмом можна визначити екологічну стійкість ґрунтів на техногенний вплив в інших районах (табл. 4.1). Потім проаналізувати та зробити відповідні висновки.

### **Контрольні питання:**

1. Що дозволяє визначити показник «екологічна стійкість ґрунтів»?
2. Що треба врахувати для розрахунку показника стійкості ґрунтів до забруднення?
3. Як можна визначити рівень екологічної стійкості ґрунтів до техногенного навантаження?
4. Як можна проаналізувати значення екологічного потенціалу ґрунтів?

## **ПРАКТИЧНА РОБОТА № 5 МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ РІВНЯ ТЕХНОГЕННОЇ ДІЇ ГІРНИЧОДОБУВНИХ ПІДПРИЄМСТВ НА ҐРУНТИ**

**Мета роботи:** ознайомлення з методом визначення рівня техногенної дії гірничодобувних підприємств на ґрунти та навчитися робити оцінку цього рівня; визначати пріоритетні фактори техногенезу, знижуючи дію яких, можна зменшити техногенний вплив підприємства.

### **5.1. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА**

У відповідності із Земельним кодексом України ґрунти – це національне багатство, що знаходиться під особливою охороною держави, а рекультивация порушених земель та захист їх від забруднення небезпечними речовинами регламентовано статтями (166 та 167 відповідно) розділу по охороні земельних ресурсів. Тому захист ґрунтів в районах розташування гірничо-металургійних комплексів, а також їх відновлення у випадках різного роду порушень є не просто пропонованими, а обов'язковими етапами діяльності цих підприємств. Крім цього, екологічний стан компонентів навколишнього природного середовища (і ґрунтів в тому числі), що забезпечують умови функціонування господарських об'єктів і життєдіяльності населення регіону, є одним з основних факторів при виборі пріоритетів переходу до стійкого розвитку цієї території.

Узагальнення одержаних результатів про екологічний стан ґрунтів свідчить про те, що ступінь їх трансформації (яку можна визначити через *K*) залежить, в основному, від вихідного рівня стійкості ґрунтів. Але, безперечно, *K* має також залежати від дії на них факторів техногенезу, що ініціюють гірничі підприємства. Для того, щоб довести (чи спростувати) це, необхідно визначити рівень техногенної дії підприємств на ґрунти.

Метод визначення рівня техногенної дії гірничодобувних підприємств на ґрунти базується на обліку спектра ініційованих гірничими підприємствами факторів техногенезу, викликаних цими факторами видів деградації ґрунтів, а також специфіці реалізації виявлених видів їх деградації в конкретних ґрунтово-кліматичних умовах та умовах фонового техногенного навантаження.

До вказаних факторів належать:

1. Вилучення і деформації ґрунтів,
2. Зниження рівня водоносних горизонтів,
3. Порушення технологій водовідведення,

4. Фільтраційне забруднення,
5. Скидання високомінералізованих і стічних вод без очищення,
6. Газовиділення,
7. Пиловиділення,
8. Комплексне пилогазовиділення під час буропідливних робіт,
9. Кислотне стікання з поверхні зовнішніх відвалів,
10. Вилуговування відвалів,
11. Горіння шахтних відвалів.

Види деградації ґрунтів під дією цих факторів техногенезу можна згрупувати у 4 блоки:

1. Трансформація основних параметрів ґрунтів: 1.1. Деструкція ґрунтів на різних рівнях організації; 1.2. Перебудова ґрунтових режимів (водного, повітряного, температурного і т.д.); 1.3. Пригнічення біологічної активності ґрунтів (у тому числі ензиматичної); 1.4. Зменшення кількості і зміна спектра ґрунтової біоти; 1.5. Перетворення органічної складової ґрунтів (хімічна і фізична дегуміфікація, пригнічення гумусоутворення, фульватизація і т.д.); 1.6. Перебудова іонного обміну з декомпозицією ГПК.

2. Модифікація геохімічних і геофізичних характеристик ґрунтового профілю: 2.1. Корекція окислювально-відновних і кислотно-лужних режимів; 2.2. Посилення міграційної активності забруднюючих речовин; 2.3. Хімічне забруднення ґрунтів; 2.4. Радіоактивне забруднення; 2.5. Формування геохімічних бар'єрів.

3. Трансформація загально біосферних функцій ґрунтів: 3.1. Порушення біогеохімічних циклів (N, S, C і т.д.).

4. Індукція процесів регресивної еволюції з розвитком явищ: 4.1. Оглеєння; 4.2. Льосиважу; 4.3. Опідзолення; 4.4. Сульфатредукції; 4.5. Вторинного засолення (у тому числі содового); 4.6. Вторинного осолонцювання; 4.7. Вторинного гідроморфізму; 4.8. Водної і вітрової ерозії.

Наступний етап – побудова матриці видів деградації ґрунтів і факторів техногенезу (табл. 5.1).

Таблиця 5.1 – Матриця залежності видів деградації ґрунтів від факторів техногенезу

Вид ґрунтової деградації	Фактор техногенезу										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1.1.	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1
1.2.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
1.3.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1.4.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1.5.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1.6.	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1
2.1.	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1
2.2.	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1
2.3.	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2.4.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

Вид ґрунтової деградації	Фактор техногенезу										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2.5.	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1
3.1.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4.1.	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
4.2.	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
4.3.	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
4.4.	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1
4.5.	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1
4.6.	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1
4.7.	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
4.8.	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0

Після цього необхідним є ранжування видів деградації ґрунтів за рівнем їх екологічної небезпеки (табл. 5.2).

Таблиця 5.2 – Ранжирування видів деградації ґрунтів за рівнем їх екологічної небезпеки

Вид деградації ґрунтів	Ваговий коефіцієнт ( $c_j$ )	Рівень небезпеки відповідно до рангу
1.1. Деструкція ґрунтів 1.3. Пригнічення біоактивності 2.3. Хімічне забруднення ґрунтів 4.7. Вторинний гідроморфізм	1,4	максимально небезпечний
1.2. Перебудова ґрунтових режимів 4.1. Оглеєння 4.2. Льосиваж 4.3. Опідзолення	1,2	надзвичайно небезпечний
2.5. Формування геохімічних бар'єрів 4.5. Вторинне засолення 4.6. Вторинне осолонцювання 4.8. Водна і вітрова ерозія	1,0	дуже небезпечний
1.4. Зміна ґрунтової біоти 1.6. Перебудова іонного обміну 2.1. Корекція Oх-Red режиму 1.5. Перетворення ґрунтової органіки	0,8	небезпечний
2.2. Посилення міграції 2.4. Радіоактивне забруднення ґрунтів 3.1. Порушення біогеохімічних циклів 4.4. Сульфатредукція	0,6	помірковано небезпечний

Після цього можливим стає визначення рівня впливу на ґрунти кожного з факторів техногенезу, що ініційовані гірничо-металургійними підприємствами. Для цього необхідно згадати, що рівень техногенного впливу окремих факторів на ґрунти, який оцінюють відповідними коефіцієнтами техногенного впливу ( $K_i$ ), залежить від кількості та характеру деградаційних процесів, які вони

викликають. Враховуючи ці показники (для цього необхідно використати табл. 5.1 та 5.2), можна визначити коефіцієнти техногенного впливу окремих факторів техногенезу (табл. 5.3).

Після чого можливим стає визначення рівня техногенного впливу гірничодобувних комплексів на ґрунти шляхом розрахунку показника рівня їх техногенної дії  $T$  (5.1), який є сумою коефіцієнтів техногенної дії відповідних факторів техногенезу:

$$T = \sum_{i=1}^m b_i K_i, \quad (5.1)$$

де  $T$  – показник рівня техногенної дії;  $m$  – кількість факторів техногенезу;  $b_i$  – наявність ініціації  $i$ -го фактору техногенезу цими підприємствами;  $K_i$  – коефіцієнт техногенної дії  $i$ -го фактору техногенезу.

Таблиця 5.3 – Коефіцієнти техногенного впливу на ґрунти факторів техногенезу, що ініціюють гірничодобувні комплекси

№ фактору	Фактор техногенезу	Коефіцієнт техногенного впливу, $K_i$
1	вилучення і деформації ґрунтів	0,55
2	зниження рівня водоносних горизонтів	0,47
3	порушення технологій водовідведення	0,97
4	фільтраційне забруднення	0,82
5	скидання високомінералізованих і стічних вод без очищення	0,53
6	газовиділення	0,47
7	пиловиділення	0,43
8	комплексне пилогазовиділення під час буропідливних робіт	0,59
9	кислотне стікання з поверхні зовнішніх відвалів	0,62
10	вилуговування відвалів	0,61
11	горіння шахтних відвалів	0,70

Проте характер реалізації видів деградації ґрунтів для різних підприємств має різний характер, тому логічним є відповідне корегування рівня їх техногенезу з урахуванням специфіки їх проявів (табл. 5.4).

Таблиця 5.4 – Визначення поправкового коефіцієнта  $e_i$  в залежності від реалізації  $i$ -го фактору техногенезу для промислових підприємств

Фактор техногенезу	Параметр фактору техногенезу	Варіант параметру фактору техногенезу	Ваговий коефіцієнт, $k$
Вилучення і деформації ґрунтів	площа порушень, км <sup>2</sup>	$S_H \leq 100$	0,25
		$100 < S_H \leq 250$	0,50
		$250 < S_H \leq 500$	0,75
		$S_H > 500$	1,00



Фактор техногенезу	Параметр фактору техногенезу	Варіант параметру фактору техногенезу	Ваговий коефіцієнт, $k$	
	характер порушень земної поверхні	відчуження земель	0,00	
		деформація без порушення	0,10	
		утворення терас	0,20	
		утворення тріщин, воронки та провалів	0,30	
Пиловиділення	кількість пилу, що виділилася, т/добу	$V_{\text{п}} \leq 100$	0,25	
		$100 < V_{\text{п}} \leq 500$	0,50	
		$500 < V_{\text{п}} \leq 1000$	0,75	
		$V_{\text{п}} > 1000$	1,00	
	площа дії пилу, $\text{км}^2$	$S_{\text{п}} \leq 50$	0,00	
		$50 < S_{\text{п}} \leq 100$	0,10	
		$100 < S_{\text{п}} \leq 200$	0,20	
		$S_{\text{п}} > 200$	0,30	
	характер пилу	нетоксична	0,00	
		токсична	0,20	
Газовиділення	кількість газів, що виділилася, т/добу	$V_{\text{г}} \leq 10$	0,25	
		$10 < V_{\text{г}} \leq 50$	0,50	
		$50 < V_{\text{г}} \leq 100$	0,75	
		$V_{\text{г}} > 100$	1,00	
	площа поширення газів, $\text{км}^2$	$S \leq 50$	0,00	
		$50 < S \leq 100$	0,10	
		$100 < S \leq 200$	0,20	
		$S > 200$	0,30	
	Фільтраційне забруднення	швидкість горизонтальної фільтрації, м/рік	$F \leq 100$	0,25
			$100 < F \leq 250$	0,50
$250 < F \leq 500$			0,75	
$F > 500$			1,00	
вид технічного водоймища		пруд-відстійник	0,00	
		хвості- або шламосховище	0,30	
Скидання високомінералізованих і стічних вод без очищення	об'єм скидання, тис. $\text{м}^3$ /добу	$V_{\text{с}} \leq 10$	0,25	
		$10 < V_{\text{с}} \leq 50$	0,50	
		$50 < V_{\text{с}} \leq 100$	0,75	
		$V_{\text{с}} > 100$	1,00	
	жорсткість скинутих вод, г/л	$G \leq 5$	0,00	
		$5 < G \leq 25$	0,10	
		$25 < G \leq 50$	0,20	
		$G > 50$	0,30	
	забруднювачі з $\text{ГДК} > 1$	немає	0,00	
		є	0,20	
Комплексне пилогазовиділення під час буропідричних робіт	кількість пилу у хмарі, т/рік	$V_{\text{п}}^{\text{BB}} \leq 100$	0,25	
		$100 < V_{\text{п}}^{\text{BB}} \leq 500$	0,50	
		$500 < V_{\text{п}}^{\text{BB}} \leq 1000$	0,75	
		$V_{\text{п}}^{\text{BB}} > 1000$	1,00	
	об'єм хмари газу, млн. $\text{м}^3$ /рік	$V_{\text{г}}^{\text{BB}} \leq 1$	0,25	
		$1 < V_{\text{г}}^{\text{BB}} \leq 5$	0,50	

Фактор техногенезу	Параметр фактору техногенезу	Варіант параметру фактору техногенезу	Ваговий коефіцієнт, $k$
		$5 < V_r^{BB} \leq 10$	0,75
		$V_r^{BB} > 10$	1,00
	площа впливу пилогазової хмари, $км^2$	$S^{BB} \leq 200$	0,00
		$200 < S^{BB} \leq 500$	0,10
		$500 < S^{BB} \leq 1000$	0,20
	$S^{BB} > 1000$	0,30	
Горіння шахтних відвалів	кількість газів, що виділилася, тис. т	$V_r^f \leq 15$	0,25
		$15 < V_r^f \leq 50$	0,50
		$50 < V_r^f \leq 100$	0,75
		$V_r^f > 100$	1,00
Горіння шахтних відвалів	активна кислотність ґрунтів навколо відвалів	$pH \geq 7$	0,00
		$7 < pH \leq 5$	0,10
		$5 < pH \leq 3$	0,20
		$pH > 3$	0,30
Зниження рівня водоносних горизонтів	площа зони депресії, $км^2$	$S_d \leq 100$	0,25
		$100 < S_d \leq 250$	0,50
		$250 < S_d \leq 500$	0,75
		$S_d > 500$	1,00
	глибина депресійної воронки, м	$h \leq 20$	0,00
		$20 < h \leq 100$	0,10
		$100 < h \leq 500$	0,20
		$h > 500$	0,30
Порушення технологій водовідведення	площа порушень, $км^2$	$S_n \leq 50$	0,25
		$50 < S_n \leq 100$	0,50
		$100 < S_n \leq 200$	0,75
		$S_n > 200$	1,00
	періодичність порушень	періодично	0,00
		постійно	0,10
Вилуговування відвалів	концентрація сірки у відвалі, %	$[S] \leq 0,50$	0,25
		$0,50 < [S] \leq 1,00$	0,50
		$1,00 < [S] \leq 2,00$	0,75
		$[S] > 2,00$	1,00
	кількість сульфатів у дренажних водах, мг/л	$[SO_4^{2-}] \leq 10$	0,00
		$10 < [SO_4^{2-}] \leq 50$	0,10
		$50 < [SO_4^{2-}] \leq 100$	0,20
		$[SO_4^{2-}] > 100$	0,30
	площа впливу продуктів вилуговування, $км^2$	$S \leq 5$	0,00
		$5 < S \leq 10$	0,10
		$10 < S \leq 20$	0,20
		$S > 20$	0,30
Кислотне стікання з поверхні зовнішніх	концентрація сірки у відвалі, %	$[S] \leq 0,50$	0,25
		$0,50 < [S] \leq 1,00$	0,50
		$1,00 < [S] \leq 2,00$	0,75
		$[S] > 2,00$	1,00

Фактор техногенезу	Параметр фактору техногенезу	Варіант параметру фактору техногенезу	Ваговий коефіцієнт, $k$
відвалів	рН дренажних вод	$\text{pH} \geq 7$	0,00
		$7 < \text{pH} \leq 5$	0,10
		$5 < \text{pH} \leq 3$	0,20
		$\text{pH} > 3$	0,30
	площа впливу дренажних вод, $\text{км}^2$	$S \leq 5$	0,00
		$5 < S \leq 10$	0,10
		$10 < S \leq 20$	0,20
		$S > 20$	0,30

Для цього спочатку встановлюють показники, первинно властиві кожному з видів деградації ґрунтів, а потім визначили діапазон варіації їх значень, в межах якого їм призначали вагові коефіцієнти ( $k$ ).

Поправочний коефіцієнт ( $e_i$ ) до коефіцієнту техногенного впливу на ґрунти ( $K_i$ ) розраховують в залежності від реалізації  $i$ -го фактору техногенезу для конкретного підприємства як суму субкоефіцієнтів  $k$ .

Відкорегований показник рівня техногенної дії ( $T_k$ ) можна визначити за допомогою рівняння:

$$T_k = \sum_{i=1}^m b_i K_i e_i, \quad (5.2)$$

де  $m$  – кількість факторів техногенезу;  $b_i$  – наявність ініціації  $i$ -го фактору техногенезу цим підприємством;  $K_i$  – коефіцієнт техногенної дії  $i$ -го фактору техногенезу;  $e_i$  – поправковий коефіцієнт  $i$ -го фактору техногенезу.

Рівень техногенної дії підприємства на ґрунти можна охарактеризувати як:

- $T_k \geq 5$  – дуже високий,
- $5 < T_k \leq 4$  – високий,
- $4 < T_k \leq 3$  – середній,
- $3 < T_k \leq 2$  – помірний,
- $T_k < 2$  – низький.

## 5.2. ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

**Завдання.** На гірничому підприємстві з видобування залізної руди розробка родовищ здійснюється підземним та відкритим способами.

Необхідно:

1. Розрахувати рівень техногенної дії гірничого підприємства на ґрунти ( $T_k$ ) та якісно оцінити цей рівень.

2. Визначити пріоритетні фактори техногенезу, що є основними чинниками деградації ґрунтів, знижуючи (або усунувши) дію яких, можна суттєво зменшити техногенний вплив аналізованого підприємства та кількісно визначити рівень цього зниження.

Завдання виконати відповідно варіанту (Додаток А).

### 5.3. ПРИКЛАД РОЗРАХУНКУ

Виконаємо завдання згідно вихідних даних, наведених в табл. 5.5.

Таблиця 5.5 – Вихідні дані

<i>Фактори техногенезу</i>	<i>Параметри факторів техногенезу</i>
Вилучення і деформації ґрунтів	Порушення з формуванням терас та тріщин сягають 340 км <sup>2</sup> .
Зниження рівня водоносних горизонтів	Площа зони депресії – 1324 км <sup>2</sup> ; глибина депресійної воронки – 1055 м.
Порушення технологій водовідведення	Порушення періодичне; площа підтоплень перебільшує 320 км <sup>2</sup> .
Фільтраційне забруднення	Швидкість горизонтальної фільтрації з хвостота шламосховища менша за 100 м/рік.
Скидання високомінералізованих і стічних вод без очищення	Об'єм скидання забруднених вод (з ГДК>1) із жорсткістю біля 62 г/л складає 18 тис. м <sup>3</sup> /добу.
Газовиділення	За добу виділяється біля 875 т газів, що поширюються на площу понад 345 км <sup>2</sup> .
Пиловиділення	За добу виділяється біля 850 т токсичного пилу, що розповсюджується на площу у 185 км <sup>2</sup> .
Комплексне пилогазовиділення під час буропідливних робіт	Кількість пилу в пилогазовій хмарі обсягом у 15 млн. м <sup>3</sup> /вибух сягає 1300 т/вибух, що розповсюджується на площу у 1250 км <sup>2</sup> .
Кислотне стікання з поверхні зовнішніх відвалів	Концентрація сірки у відвалі сягає 1,25 %; рН дренажних вод дорівнює 3,8, а площа впливу цих вод перебільшує 34 км <sup>2</sup> .
Вилуговування відвалів	Концентрація сірки у відвалі сягає 1,25 %; кількість сульфатів у дренажних водах перебільшує 100 мг/л, а площа впливу вилуговування складає 38 км <sup>2</sup> .

#### Розв'язок.

1. Виділимо провідні фактори техногенезу для даного підприємства за допомогою матриці видів деградації ґрунтів і факторів техногенезу табл. 5.1 (табл. 5.6).

Таблиця 5.6 – Матриця видів деградації ґрунтів і факторів техногенезу для даного підприємства

Підприємство	Фактори техногенезу										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
З видобування залізної руди підземним та відкритим способами	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0

2. Оцінимо фактори техногенезу, що ініціюються даним підприємством, їх ранжування й внеску в трансформацію ґрунтів.

Коефіцієнт техногенної дії  $i$ -го фактору техногенезу ( $K_i$ ) беремо з табл. 5.3, поправочний коефіцієнт  $i$ -го фактору техногенезу ( $e_i$ ) – з табл. 5.4, вибираючи параметри фактору техногенезу та його варіанти  $k$ .

Результати розрахунку вносимо в табл. 5.7.

3. Визначимо три пріоритетні фактори техногенезу, що є основними чинниками деградації ґрунтів, знижуючи (або усунувши) дію яких, можна суттєво зменшити техногенний вплив аналізованого підприємства на ґрунти. Для даного підприємства це: комплексне пилогазовиділення під час буропідривних робіт, порушення технологій водовідведення, кислотне стікання з поверхні зовнішніх відвалів.

Рівень техногенної дії гірничого підприємства на ґрунти розрахуємо за формулою 5.2:

$$T_k = \sum_{i=1}^m b_i K_i e_i = 0,69 + 0,61 + 0,97 + 0,45 + 0,53 + 0,61 + 0,49 + 1,36 + 0,78 + 0,76 = 7,25.$$

Таблиця 5.7 – Результати розрахунку рівня техногенної дії гірничого підприємства на ґрунти

Фактори техногенезу	$e_i = (\sum k)$	$K_i$	$e_i * K_i$	Ранг	% від $T_k$
1	$0,75+0,20+0,30 = 1,25$	0,55	0,69	5	9,52
2	$1,00+0,30 = 1,30$	0,47	0,61	6	8,41
3	$1,00+0,00 = 1,00$	0,97	0,97	<b>2</b>	<b>13,38</b>
4	$0,25+0,30 = 0,55$	0,82	0,45	9	6,21
5	$0,50+0,30+0,20 = 1,00$	0,53	0,53	7	7,31
6	$1,00+0,30 = 1,30$	0,47	0,61	6	8,41
7	$0,75+0,20+0,20 = 1,15$	0,43	0,49	8	6,76
8	$1,00+1,00+0,30 = 2,30$	0,59	1,36	<b>1</b>	<b>18,76</b>
9	$0,75+0,20+0,30 = 1,25$	0,62	0,78	<b>3</b>	<b>10,76</b>
10	$0,75+0,20+0,30 = 1,25$	0,61	0,76	4	10,48
$T_k$	7,25				

**Висновок.** В результаті діяльності підприємства з видобування залізної руди підземним та відкритим способами виявлено дуже високий рівень впливу на ґрунти ( $T_k=7,25$ ). Пріоритетними факторами техногенезу є **комплексне пилогазовиділення під час буропідривних робіт, порушення технологій водовідведення, кислотне стікання з поверхні зовнішніх відвалів**. Сукупний відсотковий внесок пріоритетних факторів в порушення ґрунтового покрову в районі розміщення підприємства складає **42,90%**.

**Контрольні питання:**

1. Які є фактори техногенного впливу гірничодобувних підприємств на ґрунти?

2. Які негативні зміни ґрунтів викликають техногенні фактори?
3. З якою метою складається матриця залежності видів деградації ґрунтів від факторів техногенезу?
4. Як розраховується рівень техногенного впливу гірничодобувних комплексів на ґрунти?
5. Як можна проаналізувати значення рівня техногенного впливу?

## ПРАКТИЧНА РОБОТА № 6

### МЕТОД ВИБОРУ ЕКОЛОГІЧНО ДОЦІЛЬНИХ НАПРЯМКІВ РЕАБІЛІТАЦІЇ ДЕГРАДОВАНИХ ҐРУНТІВ ТА ЗАХОДІВ ЩОДО ЇХ ВІДНОВЛЕННЯ

**Мета роботи:** ознайомлення з методом визначення екологічно доцільних напрямків реабілітації деградованих ґрунтів та навчитися визначати пріоритетну черговість проведення повної реабілітації ґрунтів на перспективу.

#### 6.1. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

Для визначення екологічно доцільних напрямків реабілітації деградованих ґрунтів спочатку розраховують екологічний потенціал ґрунтів, які треба відновлювати ( $E_a$ ), а потім порівнюють одержані значення цього потенціалу з екологічним потенціалом регіональних аналогів цих ґрунтів ( $E_p$ ). Для цього використовують одержану при розрахунках залежність цього показника ( $E_a$ ) від рівня дії на ці ґрунти гірничих об'єктів ( $T_k$ ):

$$E_a = 0,015x^3 - 0,229x^2 + 0,983x \quad (6.1)$$

де  $E_a$  – екологічна стійкість ґрунтів;  $x$  – рівень впливу підприємств на ґрунти ( $T_k$ ).

За співвідношенням  $E_a$  та  $E_p$  обирають один із запропонованих нижче варіантів, які були одержані за допомогою розрахунків:

- 1)  $E_a \leq 25 \% E_p$  – експлуатація таких ґрунтів виключена без їх попередньої реконструкції; їх використання після відновлення повинно бути орієнтовано на рекреаційне або архітектурно-ландшафтне будівництво, лісорозведення та створення водоймищ;
- 2)  $25 \% E_p < E_a \leq 50 \% E_p$  – сільськогосподарська експлуатація таких ґрунтів не рекомендована без їх відновлення, адекватного характеру та ступеню їх порушень;
- 3)  $50 \% E_p < E_a \leq 75 \% E_p$  – сільськогосподарська експлуатація таких ґрунтів можлива після стимуляції їх самовідновлення;
- 4)  $E_a > 75 \% E_p$  – експлуатація таких ґрунтів не має обмежень.

Ці розрахунки доцільно проводити після зменшення дії підприємства на ґрунти, орієнтуючись або тільки на його пріоритетні фактори техногенезу або на всі діючі фактори з урахуванням їх рангів. Для цього підбирають методи зменшення їх дії та проводять оцінку екологічної доцільності цих методів в конкретній ситуації за допомогою рівняння (6.1).

Для цього в рівняння (6.1) послідовно підставляють розраховані рівні

зменшення впливу гірничодобувного підприємства на ґрунти ( $T_k^1 \dots T_k^n$ ) при застосуванні всіх підібраних методів ( $1 \dots n$ ) та одержують при цьому показники збільшення їх екологічного потенціалу ( $E_a^1 \dots E_a^n$ ). Потім серед цих методів обирають саме той, за допомогою якого можливе максимальне збільшення екологічного потенціалу відновлюваних ґрунтів ( $E_a^x$ ), що відповідає найбільшому наближенню  $E_a^n$  до  $E_p$ .

Саме цей метод і буде екологічно доцільним у даному випадку. Завдяки реалізації цього алгоритму розроблений спосіб орієнтує щодо стратегії відновлення порушених земель, дає рекомендації відносно тактики проведення необхідних заходів та забезпечує прогноз наслідків їх використання.

Таким чином, наведений спосіб вибору оптимального метода реабілітації ґрунтів базується на двох методах кількісної оцінки – визначення рівня техногенної дії промислових об'єктів на ґрунти та їх екологічного потенціалу, що забезпечує його об'єктивний характер та суттєво скорочує час проведення необхідних досліджень.

## 6.2. ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

**Завдання.** На гірничому підприємстві з видобування кам'яного вугілля розробка родовищ здійснюється підземним способом. Рівень екологічної стійкості ґрунтів в районі функціонування цього підприємства ( $E_a$ ) дорівнює 1,231, а екологічна стійкість регіональних ґрунтів ( $E_p$ ) становить 3,029. Необхідно:

1. розрахувати рівень техногенної дії гірничого підприємства на ґрунти ( $T_k$ ) та якісно оцінити цей рівень,
2. визначити пріоритетні фактори техногенезу, що є основними чинниками деградації ґрунтів, знижуючи (або усунувши) дію яких, можна суттєво зменшити техногенний вплив аналізуємого підприємства та кількісно визначити рівень цього зниження,
3. визначити екологічно доцільний напрямок реабілітації деградованих ґрунтів у межах конкретного гірничого підприємства на першому етапі їх відновлення,
4. визначити черговість проведення повної реабілітації ґрунтів на перспективу, виходячи з наведених даних,
5. обрати екологічно та економічно ефективні методи реабілітації ґрунтів та довести цю ефективність.

Завдання виконати відповідно варіанту (додаток Б).

## 6.3. ПРИКЛАД РОЗРАХУНКУ

Виконаємо розрахунки згідно завданням та вихідних даних, наведених в табл. 6.1.

### Розв'язок.

1. Виділимо провідні фактори техногенезу для даного підприємства за допомогою матриці видів деградації ґрунтів і факторів техногенезу табл. 5.1 (табл. 6.2).

Таблиця 6.1 – Фактори техногенезу гірничого підприємства та його параметри

Фактори техногенезу	Параметри факторів техногенезу
Вилучення і деформації ґрунтів	Порушення з формуванням терас, а також воронки та провалів сягають 290 км <sup>2</sup>
Зниження рівня водоносних горизонтів	Площа зони депресії – 440 км <sup>2</sup> ; глибина депресійної воронки – 858 м
Порушення технологій водовідведення	Порушення постійне; площа затоплень сягає 350 км <sup>2</sup>
Фільтраційне забруднення	Швидкість горизонтальної фільтрації з прудів-відстійників більша за 75 м/рік
Скидання високомінералізованих і стічних вод без очищення	Об'єм скидання забруднених вод (з ГДК>1) із жорсткістю біля 27 г/л складає 780 м <sup>3</sup> /добу
Газовиділення	За добу виділяється біля 275 т газів, що поширюються на площу понад 275 км <sup>2</sup>
Пиловиділення	За добу виділяється біля 860 т токсичного пилу, що розповсюджується на площу понад 190 км <sup>2</sup>
Кислотне стікання з поверхні зовнішніх відвалів	Концентрація сірки у відвалі сягає 0,85%; рН дренажних вод дорівнює 5,8, а площа впливу цих вод перебільшує 25 км <sup>2</sup>
Вилуговування відвалів	Концентрація сірки у відвалі сягає 0,85 %; кількість сульфатів у дренажних водах перебільшує 35 мг/л, а площа впливу вилуговування складає 26 км <sup>2</sup>

Таблиця 6.2 – Матриця видів деградації ґрунтів і факторів техногенезу для даного підприємства

Підприємство	Фактори техногенезу										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
По видобування кам'яного вугілля підземним способом	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0

Оцінимо фактори техногенезу, що ініціюються даним підприємством, їх ранжирування й внесок в трансформацію ґрунтів.

Коефіцієнт техногенної дії  $i$ -го фактору техногенезу ( $K_i$ ) беремо з табл. 5.3, поправочний коефіцієнт  $i$ -го фактору техногенезу ( $e_i$ ) – з табл. 5.4, вибираючи параметри фактору техногенезу та його варіанти  $k$ .

Результати розрахунку вносимо в табл. 6.3.

2. Визначимо три пріоритетні фактори техногенезу, що є основними чинниками деградації ґрунтів, знижуючи (або усунувши) дію яких, можна суттєво зменшити техногенний вплив аналізованого підприємства на ґрунти.

Рівень техногенної дії гірничого підприємства на ґрунти розрахуємо за



формулою 5.2:

$$T_k = \sum_{i=1}^m b_i K_i e_i = 0,69 + 0,49 + 1,07 + 0,2 + 0,74 + 0,61 + 0,49 + 0,56 + 0,55 = 5,4.$$

Таблиця 6.3 – Результати розрахунку рівня техногенної дії гірничого підприємства на ґрунти

Фактори техногенезу	$e_i = (\sum k)$	$K_i$	$e_i * K_i$	Ранг	% від $T_k$
1	$0,75 + 0,20 + 0,30 = 1,25$	0,55	0,69	<b>3</b>	<b>12,8</b>
2	$0,75 + 0,30 = 1,05$	0,47	0,49	7	9,07
3	$1,00 + 0,10 = 1,10$	0,97	1,07	<b>1</b>	<b>19,8</b>
4	$0,25 + 0,00 = 0,25$	0,82	0,20	9	3,7
5	$1,00 + 0,20 + 0,20 = 1,40$	0,53	0,74	<b>2</b>	<b>13,7</b>
6	$1,00 + 0,30 = 1,30$	0,47	0,61	4	11,3
7	$0,75 + 0,20 + 0,20 = 1,15$	0,43	0,49	8	9,07
9	$0,50 + 0,10 + 0,30 = 0,90$	0,62	0,56	5	10,4
10	$0,50 + 0,10 + 0,30 = 0,90$	0,61	0,55	6	10,2
$T_k$	5,4				

Дані дозволяють встановити, що для підприємства по видобутку кам'яного вугілля підземним способом пріоритетними є порушення технологій водовідведення, скидання високомінералізованих і стічних вод без очищення, вилучення і деформації ґрунтів, на частку яких припадає 46,3% їх загальної техногенного навантаження на ґрунти. А це значить, проведення рекультиваційних заходів слід орієнтувати саме на ці фактори техногенезу.

3. Далі, для вибору напрямку, по якому доцільно проводити рекультивацію ґрунтів з метою мінімізації впливу пріоритетних факторів техногенезу, необхідно розрахувати величину екологічного потенціалу регіональних ґрунтів.

Величина екологічної стійкості основного типу регіональних ґрунтів ( $Ea$ ) становить 3,029, а екологічна стійкість ґрунтів в районі функціонування даного підприємства ( $Ep$ ) одно 1,231, а це значить, що:

$$Ea = 40,64\% Ep.$$

Отже, ґрунту в районі функціонування підприємства з видобутку кам'яного вугілля підземним способом нестійкі і сільськогосподарська експлуатація таких ґрунтів не рекомендована без їх відновлення, адекватного характеру і ступеня порушень.

4. Рекомендації щодо мінімізації впливу підприємств з видобутку кам'яного вугілля на ґрунт.

Для того щоб мінімізувати реально зростаючий деструктивний вплив підприємств з видобутку кам'яного вугілля на ґрунти для підвищення їх екологічної стійкості, а, отже, поліпшення екологічного стану навколишнього середовища території, де розташовано підприємство в цілому, слід максимально знизити дію виявлених вище пріоритетних факторів техногенезу –

порушення технології водовідведення, скидання високомінералізованих і стічних вод без очищення, вилучення і деформації ґрунтів.

Розглянемо більш конкретно кожен з цих факторів техногенезу.

При порушенні технологій водовідведення пропонуємо:

- впровадження на гірничо-збагачувальних підприємствах системи оборотного водопостачання, тобто повторне використання стічних вод гірничодобувної промисловості з метою економії водних ресурсів;
- очищення всіх типів стічних вод від нафтопродуктів, мінеральних солей і органічних забруднювачів, а також знезараження виробничих стічних вод і їх використання для технічного водопостачання;
- підвищення ефективності наявних водоочисних споруд.

При вилученні та деформації ґрунтів це:

- рекультивація зон порушення цілісності ґрунтового покриву з плануванням і укладанням додаткового обсягу потенційно родючих ґрунтів,
- підсипка порожніх порід і відходів збагачення на територію просядок з їх подальшим землюванням,
- використання території найбільш суттєвих просідань під водойми,
- використання кар'єрів для створення рекреаційних зон у вигляді архітектурно-ландшафтних комплексів та ін.

Використання на підприємствах системи оборотного водопостачання при ефективному очищенню стічних вод дозволить уникнути наслідків і викликаних скиданням високомінералізованих і стічних вод без очищення.

5. Виберіть екологічно та економічно ефективні методи реабілітації ґрунтів та доведіть цю ефективність.

При загальному рівні техногенного впливу в районі функціонування підприємства з видобутку залізної руди підземним способом –  $T_k=5,4$ .

- Усунувши порушення технологій водовідведення і його руйнівну здатність для ґрунтів на 20%, отримуємо  $T_{1k}=4,32$ .

Далі за допомогою рівняння регресії техногенного впливу (6.1) проведемо оцінку екологічної доцільності обраних методів при розглянутому факторі техногенезу:

$$E^1_a = 0,015 * 4,32^3 - 0,229 * 4,32^2 + 0,983 * 4,32;$$
$$E^1_a = 1,18.$$

Екологічна стійкість ґрунтів при цьому становить 39%  $E_p$  проти 40,64%  $E_p$  спочатку.

- Усунувши скидання високомінералізованих і стічних вод без очищення (30%), отримуємо:  $T_{2k}=3,78$ ,  $E^2_a=1,25$ .

Екологічна стійкість ґрунтів при цьому становить 41,27%  $E_p$  проти 40,64%  $E_p$  спочатку.

- Усунувши ще і вилучення та деформації ґрунтів і його руйнівну здатність для ґрунтів на 45%, отримуємо  $T_{3k}=2,97$ ,  $E^3_a=1,29$ .

Значить, екологічна стійкість ґрунтів зросла і становить 42,6%  $E_p$  проти 40,64%  $E_p$  спочатку.

Отже, реалізація рекомендованих в даній ситуації способів рекультивації

ґрунтів в комплексі дозволить знизити техногенний вплив на ґрунти гірничодобувних об'єктів майже на 45%, що дозволить цим ґрунтам стати екологічно стійкими, оскільки їх  $Ea$  становитиме майже 43%  $Er$ .

**Висновок.** В результаті діяльності підприємства з видобування кам'яного вугілля підземним способом виявлено дуже високий рівень впливу на ґрунти ( $T_k=5,4$ ). Пріоритетними факторами техногенезу є **порушення технологій водовідведення, скидання високомінералізованих і стічних вод без очищення, вилучення і деформації ґрунтів**. Сукупний відсотковий внесок пріоритетних факторів в порушенні ґрунтового покриву в районі розміщення підприємства складає **46,30%**.

Аналізуючи кожен фактор окремо ми бачимо, що значення  $T_k$  знижується, а  $Ea$  повільно підвищується. Це означає, що дані методи рекультивації позитивно впливають на стан ґрунтів.

Ґрунти в районі функціонування підприємства з видобутку кам'яного вугілля не придатні для їх с/г експлуатації без відновлення, адекватного характеру і ступеню порушень.

Пропонуємо комплексний метод реабілітації ґрунтів, тому що в даному випадку він більш ефективний і підвищує екологічну стійкість на 43% від вихідного рівня даного параметра і знизить техногенний вплив на ґрунти майже на 45%.

Для даного підприємства необхідно:

- використання на підприємствах системи оборотного водопостачання при ефективному очищенні стічних вод, що дозволить уникнути наслідків, викликаних порушенням технологій водовідведення та скидання високомінералізованих і стічних вод без очищення;
- рекультивація зон порушення цілісності ґрунтового покриву з плануванням і укладанням додаткового обсягу потенційно родючих ґрунтів.

#### **Контрольні питання:**

1. Поясніть сутність поняття «екологічний потенціал ґрунтів»?
2. Надати варіанти співвідношення екологічного потенціалу ґрунтів ( $Ea$ ) та екологічного потенціалу регіональних аналогів цих ґрунтів ( $Er$ )?
3. Як розрахувати залежність екологічного потенціалу ґрунтів ( $Ea$ ) від рівня дії на них гірничих об'єктів ( $T_k$ )?
4. Як зробити вибір екологічно доцільних напрямків реабілітації деградованих ґрунтів?
5. Як доцільно вибрати заходи щодо відновлення ґрунтів?

## Варіанти для практичної роботи №5

## Варіант № 1

<i>Фактори техногенезу</i>	<i>Параметри факторів техногенезу</i>
Вилучення і деформації ґрунтів	Вилучення і деформація ґрунтів, а також формування терас та тріщин сягають 340 км <sup>2</sup> .
Зниження рівня водоносних горизонтів	Площа зони депресії – 175 км <sup>2</sup> ; глибина депресійної воронки – 98 м.
Порушення технологій водовідведення	Порушення постійне; площа затоплень перевищує 200 км <sup>2</sup> .
Фільтраційне забруднення	Швидкість горизонтальної фільтрації з відстійників менша за 70 м/рік.
Скидання високомінералізованих і стічних вод без очищення	Об'єм скидання забруднених вод (з ГДК>1) з жорсткістю біля 23 г/л складає 18 тис. м <sup>3</sup> /добу.
Газовиділення	За добу виділяється біля 230 т газів, що поширюються на площу майже 150 км <sup>2</sup> .
Пиловиділення	За добу виділяється біля 750 т нетоксичного пилу, що розповсюджується на площу понад 235 км <sup>2</sup> .
Кислотне стікання з поверхні зовнішніх відвалів	Концентрація сірки у відвалі сягає 1,6 %; рН дренажних вод дорівнює 4,2, а площа впливу цих вод перебільшує 20 км <sup>2</sup> .
Вилуговування відвалів	Концентрація сірки у відвалі сягає 1,6 %; кількість сульфатів у дренажних водах - 65 мг/л, а площа впливу вилуговування складає 25 км <sup>2</sup> .

## Варіант № 2

<i>Фактори техногенезу</i>	<i>Параметри факторів техногенезу</i>
Вилучення і деформації ґрунтів	Вилучення ґрунтів, а також їх деформація з формуванням терас та тріщин сягають 340 км <sup>2</sup> .
Зниження рівня водоносних горизонтів	Площа зони депресії – 175 км <sup>2</sup> ; глибина депресійної воронки – 198 м.
Порушення технологій водовідведення	Порушення постійне; площа затоплень перевищує 350 км <sup>2</sup> .
Фільтраційне забруднення	Швидкість горизонтальної фільтрації з пруда-відстійника складає 470 м/рік.
Скидання високомінералізованих і стічних вод без очищення	Об'єм скидання забруднених вод (з ГДК>1) з жорсткістю біля 17 г/л складає 80 тис. м <sup>3</sup> /добу.
Газовиділення	За добу виділяється біля 230 т газів, що поширюються на площу у 150 км <sup>2</sup> .
Пиловиділення	За добу виділяється біля 750 т нетоксичного пилу, що розповсюджується на площу понад 235 км <sup>2</sup> .

<i>Фактори техногенезу</i>	<i>Параметри факторів техногенезу</i>
Кислотне стікання з поверхні зовнішніх відвалів	Концентрація сірки у відвалі сягає 1,6 %; рН дренажних вод дорівнює 4,2, а площа впливу цих вод перебільшує 20 км <sup>2</sup> .
Вилуговування відвалів	Концентрація сірки у відвалі сягає 1,6 %; кількість сульфатів у дренажних водах - 65 мг/л, а площа впливу вилуговування складає 25 км <sup>2</sup> .

### *Варіант № 3*

<i>Фактори техногенезу</i>	<i>Параметри факторів техногенезу</i>
Вилучення і деформації ґрунтів	Відчуження земель сягає 400 км <sup>2</sup> .
Зниження рівня водоносних горизонтів	Площа зони депресій – 830 км <sup>2</sup> ; глибина депресійної воронки – 1200 м.
Порушення технологій водовідведення	Порушення постійне; площа затоплень – 350 км <sup>2</sup> .
Фільтраційне забруднення	Швидкість горизонтальної фільтрації з шламосховищ дорівнює 40м/рік.
Скидання високомінералізованих і стічних вод без очищення	Об'єм скидання забруднених вод (з ГДК>1) з жорсткістю 14 г/л складає 15 тис. м <sup>3</sup> /добу.
Газовиділення	За добу виділяється біля 268 т газів, що поширюються на площу у 150 км <sup>2</sup> .
Пиловиділення	За добу випадає біля 1850 т токсичного пилу на площу 580 км <sup>2</sup> .
Комплексне пилогазовиділення під час буропідливних робіт	Кількість пилу в пилогазовій хмарі обсягом у 7,5 млн. м <sup>3</sup> /вибух сягає 800 т/вибух, який розповсюджується на площу у 1150 км <sup>2</sup> .
Кислотне стікання з поверхні зовнішніх відвалів	Концентрація сірки у відвалі сягає 0,85 %; рН дренажних вод дорівнює 5,1, а площа впливу цих вод перебільшує 35 км <sup>2</sup> .
Вилуговування відвалів	Концентрація сірки у відвалі – 0,85 %; кількість сульфатів у дренажних становить 27 мг/л, а площа впливу вилуговування сягає 24 км <sup>2</sup> .

### *Варіант № 4*

<i>Фактори техногенезу</i>	<i>Параметри факторів техногенезу</i>
Вилучення і деформації ґрунтів	Відчуження земель сягає 425 км <sup>2</sup> .
Зниження рівня водоносних горизонтів	Площа зони депресій – 740 км <sup>2</sup> ; глибина депресійної воронки – 1158 м.

<i>Фактори техногенезу</i>	<i>Параметри факторів техногенезу</i>
Порушення технологій водовідведення	Порушення постійне; площа затоплень – більша за 350 км <sup>2</sup> .
Фільтраційне забруднення	Швидкість горизонтальної фільтрації з шламосховищ дорівнює 135 м/рік.
Скидання високомінералізованих і стічних вод без очищення	Об'єм скидання забруднених вод (з ГДК>1) з жорсткістю 24 г/л складає 10 тис. м <sup>3</sup> /добу.
Газовиділення	За добу виділяється біля 268 т газів, що поширюються на площу у 150 км <sup>2</sup> .
Пиловиділення	За добу випадає біля 1150 т нетоксичного пилу на площу 280 км <sup>2</sup> .
Комплексне пилогазовиділення під час буропідливних робіт	Кількість пилу в пилогазовій хмарі обсягом у 7,5 млн. м <sup>3</sup> /вибух сягає 600 т/вибух, який розповсюджується на площу у 750 км <sup>2</sup> .
Кислотне стікання з поверхні зовнішніх відвалів	Концентрація сірки у відвалі сягає 0,65 %; рН дренажних вод дорівнює 6,1, а площа впливу цих вод перебільшує 35 км <sup>2</sup> .
Вилуговування відвалів	Концентрація сірки у відвалі сягає 0,65 %; кількість сульфатів у дренажних водах - 47 мг/л, а площа впливу вилуговування складає 124 км <sup>2</sup> .

#### *Варіант № 5*

<i>Фактори техногенезу</i>	<i>Параметри факторів техногенезу</i>
Вилучення і деформації ґрунтів	Порушення з обваленням та формуванням терас та тріщин сягають 340 км <sup>2</sup> .
Зниження рівня водоносних горизонтів	Площа зони депресії – 724 км <sup>2</sup> ; глибина депресійної воронки – 955 м.
Порушення технологій водовідведення	Порушення постійне; площа затоплень перебільшує 650 км <sup>2</sup> .
Фільтраційне забруднення	Швидкість горизонтальної фільтрації з хвосто- та шламосховища менша за 84 м/рік.
Скидання високомінералізованих і стічних вод без очищення	Об'єм скидання забруднених вод (з ГДК>1) із жорсткістю біля 25 г/л складає 280 м <sup>3</sup> /добу.
Газовиділення	За добу виділяється біля 875 т газів, що поширюються на площу понад 345 км <sup>2</sup> .
Пиловиділення	За добу виділяється біля 850 т токсичного пилу, що розповсюджується на площу понад 185 км <sup>2</sup> .
Комплексне пилогазовиділення під час	Кількість пилу в пилогазовій хмарі обсягом понад 15 млн. м <sup>3</sup> /вибух сягає 1300 т/вибух,

Фактори техногенезу	Параметри факторів техногенезу
буропідривних робіт	що розповсюджується на площу у 1250 км <sup>2</sup> .
Кислотне стікання з поверхні зовнішніх відвалів	Концентрація сірки у відвалі сягає 1,45 %; рН дренажних вод дорівнює 3,8, а площа впливу цих вод перебільшує 34 км <sup>2</sup> .
Вилуговування відвалів	Концентрація сірки у відвалі сягає 1,45%; кількість сульфатів у дренажних водах перебільшує 45 мг/л, а площа впливу вилуговування складає 28 км <sup>2</sup> .

## Додаток Б

### Варіанти для практичної роботи №6

#### Варіант № 1

Розрахувати рівень впливу підприємства з видобування кам'яного вугілля підземним способом на ґрунти та зробити попередні висновки щодо їх відновлення. Екологічна стійкість регіональних ґрунтів ( $E_p$ ) становить 3,029.

<i>Фактори техногенезу</i>	<i>Параметри факторів техногенезу</i>
Вилучення і деформації ґрунтів	Порушення з формуванням воронки сягають 1290 км <sup>2</sup> .
Зниження рівня водоносних горизонтів	Площа зони депресії – 640 км <sup>2</sup> ; глибина депресійної воронки – 258 м.
Порушення технологій водовідведення	Порушення постійне; площа затоплень сягає 430 км <sup>2</sup> .
Фільтраційне забруднення	Швидкість горизонтальної фільтрації з прудів-відстійників більша за 250 м/рік.
Скидання високомінералізованих і стічних вод без очищення	Об'єм скидання забруднених вод (з ГДК>1) із жорсткістю біля 27 г/л складає 17 тис. м <sup>3</sup> /добу.
Газовиділення	За добу виділяється біля 1275 т газів, що поширюються на площу понад 275 км <sup>2</sup> .
Пиловиділення	За добу виділяється біля 860 т токсичного пилу, що розповсюджується на площу понад 390 км <sup>2</sup> .
Кислотне стікання з поверхні зовнішніх відвалів	Концентрація сірки у відвалі сягає 0,85 %; рН дренажних вод дорівнює 5,8, а площа впливу цих вод перебільшує 25 км <sup>2</sup> .
Вилуговування відвалів	Концентрація сірки у відвалі сягає 0,85 %; кількість сульфатів у дренажних водах становить 35 мг/л, а площа впливу вилуговування складає 26 км <sup>2</sup> .

### Варіант № 2

Розрахувати рівень впливу підприємства з видобування залізної руди підземним та відкритим способом на ґрунти та зробити попередні висновки щодо їх відновлення. Екологічна стійкість регіональних ґрунтів ( $E_p$ ) становить 3,029.

<i>Фактори техногенезу</i>	<i>Характеристика факторів техногенезу</i>
Вилучення і деформації ґрунтів	Вилучення земель, а також їх порушення з формуванням воронки та провалів сягають 600 км <sup>2</sup> .
Зниження рівня водоносних горизонтів	Площа зони депресій - 550 км <sup>2</sup> ; глибина депресійної воронки - 1000 м.
Порушення технологій водовідведення	Порушення постійне; площа затоплень – понад 450 км <sup>2</sup> .
Фільтраційне забруднення	Швидкість горизонтальної фільтрації з шламосховищ сягає 100 м/рік.
Скидання високомінералізованих і стічних вод без очищення	Об'єм скидання забруднених вод (з ГДК>1) з жорсткістю біля 40 г/л складає 11 тис. м <sup>3</sup> /добу.
Газовиділення	За добу виділяється біля 175 т газів, що поширюються на площу понад 250 км <sup>2</sup> .
Пиловиділення	За добу виділяється до 1000 т токсичного пилу, що розповсюджується на площу понад 200 км <sup>2</sup> .
Комплексне пилогазовиділення під час буропідричних робіт	Кількість пилу в пилогазовій хмарі обсягом у 10 млн. м <sup>3</sup> /вибух сягає 800 т/вибух, що розповсюджується на площу у 900 км <sup>2</sup> .
Кислотне стікання з поверхні зовнішніх відвалів	Концентрація сірки у відвалі сягає 1 %; рН дренажних вод дорівнює 5,8, а площа впливу цих вод перебільшує 20 км <sup>2</sup> .
Вилуговування відвалів	Концентрація сірки у відвалі сягає 1 %; кількість сульфатів у дренажних водах - 30 мг/л, а площа впливу вилуговування складає 38 км <sup>2</sup> .

### Варіант № 3

Розрахувати рівень впливу підприємства з видобування кам'яного вугілля шахтним способом на ґрунти та зробити попередні висновки щодо їх відновлення. Екологічна стійкість регіональних ґрунтів ( $E_p$ ) становить 3,029.

<i>Фактори техногенезу</i>	<i>Параметри факторів техногенезу</i>
Вилучення і деформації ґрунтів	Вилучення і деформація ґрунтів формуванням терас та тріщин сягають 740 км <sup>2</sup> .
Зниження рівня водоносних горизонтів	Площа зони депресії – 175 км <sup>2</sup> ; глибина депресійної воронки – 98 м.
Порушення технологій водовідведення	Порушення постійне; площа затоплень перевищує 200 км <sup>2</sup> .
Фільтраційне забруднення	Швидкість горизонтальної фільтрації з



<i>Фактори техногенезу</i>	<i>Параметри факторів техногенезу</i>
	відстійників менша за 55 м/рік.
Скидання високомінералізованих і стічних вод без очищення	Об'єм скидання забруднених вод (з ГДК>1) з жорсткістю біля 23 г/л складає 42 тис. м <sup>3</sup> /добу.
Газовиділення	За добу виділяється біля 1230 т газів, що поширюються на площу понад 250 км <sup>2</sup> .
Пиловиділення	За добу виділяється біля 750 т токсичного пилу, що розповсюджується на площу понад 260 км <sup>2</sup> .
Кислотне стікання з поверхні зовнішніх відвалів	Концентрація сірки у відвалі сягає 1,06 %; рН дренажних вод дорівнює 4,2, а площа впливу цих вод перебільшує 20 км <sup>2</sup> .
Вилуговування відвалів	Концентрація сірки у відвалі сягає 1,06 %; кількість сульфатів у дренажних водах - 65 мг/л, а площа впливу вилуговування складає 25 км <sup>2</sup> .

#### *Варіант № 4*

Розрахувати рівень впливу підприємства з видобування залізної руди відкритим способом на ґрунти та зробити попередні висновки щодо їх відновлення. Екологічна стійкість регіональних ґрунтів ( $E_p$ ) становить 3,029.

<i>Фактори техногенезу</i>	<i>Параметри факторів техногенезу</i>
Вилучення і деформації ґрунтів	Відчуження земель сягає 425 км <sup>2</sup> .
Зниження рівня водоносних горизонтів	Площа зони депресій – 640 км <sup>2</sup> ; глибина депресійної воронки – 758 м.
Порушення технологій водовідведення	Порушення постійне; площа затоплень – більша за 325 км <sup>2</sup> .
Фільтраційне забруднення	Швидкість горизонтальної фільтрації з шламосховищ дорівнює 19 м/рік.
Скидання високомінералізованих і стічних вод без очищення	Об'єм скидання забруднених вод (з ГДК>1) з жорсткістю 24 г/л складає 28 тис. м <sup>3</sup> /добу.
Газовиділення	За добу виділяється біля 268 т газів, що поширюються на площу у 150 км <sup>2</sup> .
Пиловиділення	За добу випадає біля 1250 т токсичного пилу на площу у 680 км <sup>2</sup> .
Комплексне пилогазовиділення під час буропідривних робіт	Кількість пилу в пилогазовій хмарі обсягом у 7,5 млн. м <sup>3</sup> /вибух сягає 600 т/вибух, який розповсюджується на площу у 750 км <sup>2</sup> .
Кислотне стікання з поверхні зовнішніх відвалів	Концентрація сірки у відвалі сягає 0,65 %; рН дренажних вод дорівнює 5,1, а площа впливу цих вод перебільшує 35 км <sup>2</sup> .
Вилуговування відвалів	Концентрація сірки у відвалі сягає 0,65 %; кількість сульфатів у дренажних водах - 27 мг/л, а площа впливу вилуговування складає 24 км <sup>2</sup> .

### Варіант № 5

Розрахувати рівень впливу підприємства з видобування залізної руди підземним та відкритим способом на ґрунти та зробити попередні висновки щодо їх відновлення. Екологічна стійкість регіональних ґрунтів ( $E_p$ ) становить 3,029.

<i>Фактори техногенезу</i>	<i>Параметри факторів техногенезу</i>
Вилучення і деформації ґрунтів	Порушення з формуванням терас та тріщин сягають 440 км <sup>2</sup> .
Зниження рівня водоносних горизонтів	Площа зони депресії – 724 км <sup>2</sup> ; глибина депресійної воронки – 955 м.
Порушення технологій водовідведення	Порушення постійне; площа затоплень перебільшує 650 км <sup>2</sup> .
Фільтраційне забруднення	Швидкість горизонтальної фільтрації з хвосто- та шламосховища дорівнює 84 м/рік.
Скидання високомінералізованих і стічних вод без очищення	Об'єм скидання забруднених вод (з ГДК>1) із жорсткістю біля 25 г/л складає 28 тис. м <sup>3</sup> /добу.
Газовиділення	За добу виділяється біля 875 т газів, що поширюються на площу у 345 км <sup>2</sup> .
Пиловиділення	За добу виділяється біля 850 т токсичного пилу, що розповсюджується на площу у 185 км <sup>2</sup> .
Комплексне пилогазовиділення під час буропідривних робіт	Кількість пилу в пилогазовій хмарі обсягом у 15 млн. м <sup>3</sup> /вибух сягає 1300 т/вибух, що розповсюджується на площу у 1250 км <sup>2</sup> .
Кислотне стікання з поверхні зовнішніх відвалів	Концентрація сірки у відвалі сягає 1,45 %; рН дренажних вод дорівнює 3,8, а площа впливу цих вод перебільшує 34 км <sup>2</sup> .
Вилуговування відвалів	Концентрація сірки у відвалі сягає 1,45 %; кількість сульфатів у дренажних - 45 мг/л, а площа впливу вилуговування складає 28 км <sup>2</sup> .

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ТА РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Экологические основы природопользования/ Грицан Н.П., Шпак Н.В., Шматов Г.Г., Шапарь А.Г., Бабий А.П., Долгова Т.И., Нестеренко В.Л., Федотов В.В. – Д.: ИППЭ НАН Украины, 1998. – 409 с.

2. Долгова Т.И. Визначення функцій самовідновлення екосистем ґрунтів при різних рівнях їх забруднення // Екологія і природокористування. – Д.: ІППЕ НАН України, 2000. – Вип.2. – С. 88-91.

3. Долгова Т.И., Полищук С.З., Рябко А.И. Современные подходы к комплексной оценке влияния хозяйственной деятельности на окружающую среду// Екологія і природокористування – Д.: ІППЕ НАНУ, 2004, вип. 7. С. 147-153.

4. Долгова Т.И. Комплексная оценка состояния почв в горнодобывающих районах и прогноз последствий их техногенной трансформации: Дис. докт. техн. наук: 21.06.01. – Защищена 24.02.05; Утв. 30.06.05. – Д., 2005. – 354 с.

5. Долгова Т.И. Спосіб вибору екологічно доцільних методів реабілітації ґрунтів, деградованих при роботі гірничопромислових об'єктів // Труди робочого семінару «Встановлення пріоритетів розвитку та впровадження перспективних науково-технічних досліджень у сфері охорони довкілля в Україні». – К.-Д., 2005. – С. 162-163.
6. Долгова Т.И. Комплексная оценка состояния почв и последствий влияния на них горнодобывающих предприятий // Екологія і природокористування. – Д.: ІППЕ НАНУ, 2005, вип. 8. – С. 187-193.
7. Долгова Т.И. Определение уровня техногенного воздействия горнодобывающих комплексов на почвы // Науковий вісник НГУ. – 2004. – № 6. – С. 68-73.
8. Долгова Т.И. Екологічна безпека ґрунтів у гірничодобувних районах: Монографія. – Д.: НГУ, 2009. – 270 с.
9. Бака М.Т. Екологія гірничого виробництва : навчальний посібник / М.Т. Бака, І.Л. Гуменик, В.С. Редчиць – Житомир: ЖДТУ, 2004. – 307 с.
10. Способи і засоби підвищення екологічної безпеки скиду шахтних вод в поверхневі водойми. Монографія. / Колесник В.Є., Долгова Т.І., Кулікова Д.В., Павличенко А.В. – Дніпро: Літограф, 2016. – 132 с.
11. Зубова Л.Г. Терриконы, их утилизация и рекультивация: [моногр.] / Л.Г. Зубова. – Луганск: изд-во ВНУ им.В. Даля, 2008. – 80 с.
12. Колесник В.Є. Методи оцінки екологічної небезпеки експлуатації і ліквідації вугільних шахт та напрями і засоби її зниження. Монографія / В.Є. Колесник, А.В. Павличенко. – Дніпро: Літограф, 2017. – 208 с

## ЗМІСТ

ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ .....	3
ПРАКТИЧНА РОБОТА №1. ВИЗНАЧЕННЯ ІНТЕГРАЛЬНОГО ПОКАЗНИКА ЕКОЛОГІЧНОГО НАПРУЖЕННЯ ҐРУНТІВ.....	4
ПРАКТИЧНА РОБОТА №2. ВИЗНАЧЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОГО БОНІТЕТУ ҐРУНТІВ .....	7
ПРАКТИЧНА РОБОТА № 3. МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ АДАПТИВНОГО ПОТЕНЦІАЛУ ҐРУНТІВ (АПГ) ТА КОЕФІЦІЄНТУ РЕАКЦІЇ ҐРУНТІВ НА ТЕХНОГЕННИЙ ВПЛИВ .....	11
ПРАКТИЧНА РОБОТА № 4. МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОГО ПОТЕНЦІАЛУ ҐРУНТІВ.....	17
ПРАКТИЧНА РОБОТА № 5. МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ РІВНЯ ТЕХНОГЕННОЇ ДІЇ ГІРНИЧОДОБУВНИХ ПІДПРИЄМСТВ НА ҐРУНТИ .....	21
ПРАКТИЧНА РОБОТА № 6. МЕТОД ВИБОРУ ЕКОЛОГІЧНО ДОЦІЛЬНИХ НАПРЯМКІВ РЕАБІЛІТАЦІЇ ДЕГРАДОВАНИХ ҐРУНТІВ ТА ЗАХОДІВ ЩОДО ЇХ ВІДНОВЛЕННЯ.....	30
Додаток А .....	36
Додаток Б.....	39
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ТА РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ .....	42

**Долгова** Тетяна Іванівна  
**Миронова** Інна Геннадіївна

**ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ҐРУНТІВ У ҐРНИЧОДОБУВНИХ РАЙОНАХ.  
МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ  
ДО ВИКОНАННЯ ПРАКТИЧНИХ РОБІТ**  
для студентів спеціальностей 101 «Екологія» та  
183 «Технології захисту навколишнього середовища»

Друкується в редакційній обробці авторів.

Підписано до друку 15.03.2019. Формат 30 x 42/4.  
Папір офсет. Ризографія. Ум. друк. арк. 2,5.  
Обл.-вид. арк. 2,5. Тираж 20 прим. Зам. №

Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»  
49005, м. Дніпро, просп. Д. Яворницького, 19.