

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
ДО ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ, САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ
І КОНТРОЛЬНОЇ РОБОТИ З НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
«ПРИКЛАДНА ЛІТОЕКОЛОГІЯ»
(модуль 3 «Геохімія довкілля»)**

*(для студентів 3 курсу денної і 4 курсу заочної форм навчання
за напрямом підготовки 6.040106 «Екологія, охорона навколишнього
середовища та збалансоване природокористування»)*

Харків
ХНУМГ
2013

Методичні вказівки до практичних занять, самостійної роботи і контрольної роботи з навчальної дисципліни «Прикладна літоєкологія» (модуль 3 «Геохімія довкілля») для студентів 3 курсу денної і 4 курсу заочної форм навчання за напрямом підготовки 6.040106 «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування» / Харк. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова; уклад.: Д. В. Дядін, О. М. Дрозд. – Х.: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2013. – 19 с.

Укладачі: Д. В. Дядін,
О. М. Дрозд

Рецензент: д. т. н., професор Ф. В. Стольберг

Рекомендовано кафедрою інженерної екології міст,
протокол № 2 від 09.09.2011 р.

ЗМІСТ

	Стор.
1. Геохімічна міграція компонентів у довкіллі	4
1.1 Розрахунки показників водної міграції хімічних елементів	4
1.2 Розрахунок показників атмосферної міграції елементів	4
1.3 Оцінка рівня забруднення ґрунтового покриву міських територій.....	6
1.4 Оцінка рівня забруднення ґрунтів сільськогосподарського призначення	7
1.5 Оцінка рівня забруднення донних відкладів.....	8
1.6 Розрахунки показників біогеохімічної міграції.....	9
1.7 Опрацювання результатів спектрального аналізу геохімічних проб	10
2. Основи радіоекології.....	12
2.1 Розрахунки радіологічних величин.....	12
2.2 Показники радіаційної безпеки будівельних матеріалів	13
Самостійна робота студентів.....	14
Контрольна робота для студентів заочної форми навчання	15
Список рекомендованих джерел.....	16
Додаток.....	17

1. ГЕОХІМІЧНА МІГРАЦІЯ КОМПОНЕНТІВ У ДОВКІЛЛІ

1.1 Розрахунки показників водної міграції хімічних елементів

Показником здатності хімічних елементів до міграції у природних водах у розчиненому вигляді, тобто переходу із земної кори до водних потоків, є коефіцієнт водної міграції. Він обчислюється як відношення вмісту елементу в сухому залишку проби води до кларку цього елементу – середній концентрації у земній корі (див. табл. Д1 у додатку):

$$K_B = \frac{C_{\text{сух.залиш.}}^e}{C_{\text{кларк}}^e}, \quad (1)$$

де $C_{\text{сух. залиш.}}^e$ – вміст елементу в сухому залишку, %;

$C_{\text{кларк}}^e$ – кларк елементу, % за масою

Вміст елементу в сухому залишку проби можна визначити за формулою:

$$C_{\text{сух.залиш.}}^e = \frac{C_{\text{вод.}}^e}{M} \cdot 100 \% , \quad (2)$$

де $C_{\text{вод.}}^e$ – вміст елементу в воді, мг/л; M – мінералізація води, мг/л

Коефіцієнти водної міграції, обчислені для кожного іоноутворюючого елементу в пробі природних вод, ранжують за зменшенням (складають ряди водної міграції) і визначають категорію рухомості кожного хімічного елементу:

K_B	Категорія
$n \cdot 10 - n \cdot 10^2$	дуже рухомі
$n \cdot 10^0$	легко рухомі
$n \cdot 10^{-1}$	рухомі
$\leq n \cdot 10^{-2}$	слабо рухомі

Показником винесення хімічних елементів з поверхневим стоком є середньорічний модуль стоку з певної території.

Модуль стоку – кількість води (або речовини), яка стікає з поверхневим стоком з одиниці площі території за одиницю часу. Залежно від ландшафтної зони на території України ця величина варіює від 0,5 (степ) до 3 – 4 л/сек·км² (змішані ліси). Для розрахунків середнє значення модулю стоку в лісостеповій зоні України можна прийняти 1,5 л/сек·км².

1.2 Розрахунок показників атмосферної міграції елементів

Показники міграції твердофазних компонентів

Основним показником міграції елементів з атмосфери до ґрунтового покриву виступає пилове навантаження, яке визначається кількістю твердофазних випадінь з атмосфери на одиницю площі за одиницю часу (модуль атмосферного надходження речовини).

$$P = \frac{Q}{S \cdot t} \quad \begin{array}{l} \text{кг/км}^2 \cdot \text{добу,} \\ \text{т/км}^2 \cdot \text{рік} \end{array} \quad (3)$$

Для розрахунку орієнтовного пилового навантаження від викидів підприємства використовують залежність:

$$P_i = \frac{Q_i \cdot \alpha \cdot K}{\pi \cdot R^2}, \quad \text{кг/км}^2 \cdot \text{добу} \quad (4)$$

Q_i – річний викид i -го компонента, т/рік; R – радіус впливу підприємства, км;

α – коефіцієнт, що характеризує осадження викиду в зоні впливу підприємства. Значення коефіцієнта α приймають такі:

для пилу $\alpha = 0,4$;

для Fe, Mn, Cr та їхніх сполук $\alpha = 0,33$;

для Pb, Zn, Ca, Sr тощо $\alpha = 0,22$.

K – коефіцієнт пропорційності, дорівнює 2,76.

Для оцінки пилового навантаження часто використовують снігову геохімічну зйомку, під час якої відбирають пробу снігу й аналізують склад води. Розрахувати пилове навантаження на сніговий покрив, наприклад на території міста, можна виходячи з таких даних: термін встановлення постійного снігового покриву, розміри площі відбору проби, об'єм води після танення проби, вміст у воді завислих часток або розчинених компонентів.

Приклад розрахунку: У лісопарковій зоні міста відібрано пробу снігу з ділянки 0,5х0,5 м на 30-ту добу після встановлення снігового покриву. Після танення проби отримано 5 л води, у якій визначено вміст завислих речовин – 30,0 мг/дм³ та свинцю – 0,05 мг/дм³. Необхідно визначити величину пилового навантаження та питомого навантаження свинцем на цій території.

У відібраній пробі снігу міститься 0,05·5 = 0,25 мг свинцю і 60,0·5 = 30 мг завислих частинок (пилу). Ця кількість речовини випала за 30 діб на ділянку площею 0,5·0,5 = 0,25 м². Виходячи з формули (3), розрахуємо величини атмосферного навантаження:

$$P_{\text{Pb}} = \frac{Q}{S \cdot t} = \frac{0,25 \text{ мг}}{0,25 \text{ м}^2 \cdot 30 \text{ діб}} = 0,033 \frac{\text{мг}}{\text{м}^2 \cdot \text{добу}} = 0,033 \frac{\text{кг}}{\text{км}^2 \cdot \text{добу}}$$
$$P_{\text{пил}} = \frac{Q}{S \cdot t} = \frac{60 \text{ мг}}{0,25 \text{ м}^2 \cdot 30 \text{ діб}} = 8,0 \frac{\text{мг}}{\text{м}^2 \cdot \text{добу}} = 8,0 \frac{\text{кг}}{\text{км}^2 \cdot \text{добу}}$$

Показники міграції сірки й азоту

Окремо розглядають процеси атмосферної міграції сірки й азоту в складі сполук NO, NO₂, SO₂ тощо. Для оцінки впливу на рослинний покрив приймають величину критичного навантаження сіркою й азотом, яка становить для S – 2 т/км²·рік, для N – 1 т/км²·рік.

Розрахунок орієнтовного навантаження на ґрунтово-рослинний покрив сіркою й азотом, що створюється на певній території, проводять за формулою:

$$P_{N,S} = C_{N,S} \cdot V_t \cdot K, \quad \text{кг/км}^2 \cdot \text{добу} \quad (5)$$

де $P_{N,S}$ – питоме навантаження сіркою або азотом, кг/км²·добу; $C_{N,S}$ – сумарна концентрація сірки або азоту (мг/м³) у приземному шарі атмосферного повітря, розрахована виходячи із масової частки цих елементів у сполуках; V_t – швидкість випадіння, приймають 0,125 см/с; K – коефіцієнт пропорційності, дорівнює 864.

Отримані значення навантаження співвідносять із критичними, величини яких були наведені вище. Сумарне навантаження сіркою й азотом в умовних одиницях дорівнює сумі відповідних коефіцієнтів.

1.3 Оцінка рівня забруднення ґрунтового покриву міських територій

Оцінка стану ґрунтів міських територій здійснюється шляхом порівняння концентрацій токсичних елементів у ґрунтах з фоновими значеннями, наприклад регіональним фоном. У табл. Д2 і Д3, наведених у додатку, показані фонові концентрації хімічних елементів у ґрунтах різних регіонів України, а також у ґрунтах Харківської області за результатами досліджень спеціалістів Харківського науково-дослідного інституту ґрунтознавства ім. Соколовського.

Кількісною мірою перевищення концентрації у точці опробування над фоном є коефіцієнт концентрації K_c .

$$K_c = \frac{C_{\text{ґрунт}}^e}{C_{\text{фон}}^e} \quad (6)$$

Оцінка рівня забруднення ґрунтів проводиться на основі відбору коефіцієнтів концентрації, що перевищують 1, тобто по точках з концентрацією вище фону (аномальною). Після відбору таких точок розраховують сумарний показник забруднення Z_c , який є сумою коефіцієнтів концентрації в аномальних точках:

$$Z_c = \sum_1^m K_c - (m - 1) \quad (7)$$

де K_c – коефіцієнти концентрації, що перевищують 1; m – кількість коефіцієнтів, що перевищують 1.

Показник Z_c є інтегральною характеристикою перевищення фонових концентрацій хімічних елементів у ґрунтах на певній ділянці дослідження. Тому, для достовірного визначення рівня забруднення ґрунтів необхідно визначити якомога більше елементів у пробі ґрунту. Зазвичай, відбувається визначення концентрацій певних груп (асоціацій) хімічних елементів-забрудників.

За величиною розрахованого сумарного показника забруднення визначають категорію забруднення ґрунтів, кожній з яких відповідає певний рівень небезпеки для населення (табл. Таблиця 1.1).

Таблиця 1.1 – Орієнтовна шкала небезпеки забруднення ґрунтів населених пунктів

Категорія забруднення ґрунтів	Величина (Z_c)	Зміни показників здоров'я населення на ділянках забруднення
Допустима	менше 16	Найнижчий рівень захворюваності дітей і мінімальна частота функціональних відхилень
Помірно небезпечна	16 – 32	Зростання загальної захворюваності
Небезпечна	32 – 128	Зростання загальної захворюваності, кількості дітей, що часто хворіють, дітей з хронічними захворюваннями, порушеннями стану серцево-судинної системи
Надмірно небезпечна	більше 128	Зростання захворюваності дитячого населення, порушення репродуктивної функції у жінок

Концентрації хімічних елементів у ґрунті зазвичай виражають у мг на кг ґрунту, мкг на кг ґрунту, відсотках, ppm (part per million). Усі ці одиниці виражають частку від цілого, тому між ними існують прості відповідності. Наприклад, оскільки міліграм є мільйонною часткою кілограму (10^{-6}), а відсоток є собою часткою (10^{-2}), для того, щоб перейти між цими одиницями необхідно зменшити або збільшити величину концентрації на 4 знаки залежно від напрямку переходу. В англійській літературі часто використовують одиниці ppm (part per million), які є еквівалентом мг/кг.

1.4 Оцінка рівня забруднення ґрунтів сільськогосподарського призначення

Оцінка рівня забруднення ґрунтів сільськогосподарських угідь здійснюється шляхом порівняння визначеного вмісту хімічних елементів у ґрунті величиною ГДК, яка встановлюється за показниками шкідливості, й обґрунтування допустимих видів сільськогосподарської діяльності на даній ділянці.

Гранично-допустимі концентрації встановлюють за чотирма показниками шкідливості – транслокаційним (накопичення елементів у рослинах), міграційним водним, міграційним повітряним та загальносанітарним (табл. 1.2).

Таблиця 1.2 – Допустимі рівні вмісту хімічних речовин у ґрунті за показниками шкідливості

Найменування речовин	ГДК, мг/кг ґрунту з урах. фону (кларк)	Показники шкідливості			
		транслокаційний	міграційний		загальносанітарний
			водний	повітряний	
Рухомі форми					
Мідь	3,0	3,5	72,0	-	3,0
Нікель	4,0	6,7	14,0	-	4,0
Цинк	23,0	23,0	200,0	-	37,0
Кобальт	5,0	25,0	1000	-	5,0
Хром	6,0	-	-	-	6,0
Кадмій	орієнт. 3,0	-	-	-	-
Валовий вміст					
Сурма	4,5	4,5	4,5	-	50,0
Кадмій	орієнт. 0,7	-	-	-	-
Марганець	1500,0	3500,0	1500,0	-	1500,0
Ванадій	150,0	170,0	350,0	-	150,0
Марганець + ванадій	1000,0 + 100,0	1500,0 + 150,0	2000,0 + 200,0	-	1000,0 + 100,0
Свинець	30,0	35,0	260,0	-	30,0
Миш'як	4,0	2,0	15,0	-	10,0
Ртуть	2,1	2,1	33,3	2,5	5,0
Свинець + ртуть	20,0 + 1,0	20,0 + 1,0	30,0 + 2,0	-	30,0 + 2,0
Мідь	орієнт. 55	-	-	-	-
Нікель	орієнт. 85	-	-	-	-
Цинк	орієнт. 100	-	-	-	-
Хром	орієнт. 90	-	-	-	-
Нітрати	130,0	180,0	130,0	-	225,0

Під час оцінки з чотирьох показників шкідливості для кожної хімічної речовини обирають такий, що має найменшу величину. Оскільки він відображає найсуворіше граничне значення, його називають лімітуючим і ГДК встановлюють за ним. За табл. Таблиця 1.3 визначають категорію забруднення ґрунтів і можливі напрямки подальшого використання ділянки дослідження.

1.5 Оцінка рівня забруднення донних відкладів

Донні мули є кінцевою ланкою на шляху геохімічної міграції хімічного елементу в ландшафті та інтегрують геохімічні особливості водозбірної площі. Це дозволяє за їхнім хімічним складом досліджувати техногенні потоки та основні джерела забруднення, а також оцінювати ступінь техногенного навантаження на водотік.

Оцінити рівень забруднення донних відкладів можна за допомогою інтегрального показника Z_c , який розраховують за формулою (7). Для обчислення коефіцієнтів концентрації фоновий вміст елементів визначають у точках вище ділянки водотоку, що досліджується, за течією.

За результатами розрахунків Z_c визначають рівень забруднення водних систем (Таблиця 1.4).

Таблиця 1.3 – Принципова схема оцінки рівня забруднення ґрунтів сільськогосподарського призначення

Категорія забруднення ґрунтів	Характеристика забруднення	Можливі напрямки використання території
Допустима	Вміст хімічних речовин у ґрунті перевищує фон, але не вище ГДК	Використання під будь-які культури
Помірно небезпечна	Вміст хімічних речовин у ґрунті перевищує ГДК при лімітуючому загально-санітарному, міграційному водному й міграційному повітряному показниках шкідливості, але нижче допустимого рівня за транслокаційним показником	Використання під будь-які культури за умов контролю якості с/г рослин
Високо небезпечна	Вміст хімічних речовин у ґрунті перевищує ГДК при лімітуючому транслокаційному показнику шкідливості	Використання під будь-які технічні культури. Використання під с/г культури обмежено з урахуванням рослин-концентраторів
Надмірно небезпечна	Вміст хімічних речовин у ґрунті перевищує ГДК за всіма показниками шкідливості	Використання під технічні культури та виведення зі с/х використання. Лісозахисні смуги

Таблиця 1.4 – Оцінка рівня забруднення водних систем

Рівень забруднення водної системи	Z_c токсичних елементів у донних відкладах	Вміст токсичних елементів у воді
Слабкий	менше 10	Слабо підвищений відносно фону
Середній	10 – 30	Підвищений відносно фону, епізодичне перевищення ГДК
Сильний	30 – 100	У багато разів вище фону; Стабільне перевищення окремими елементами рівнів ГДК
Дуже сильний	більше 100	Практично постійна присутність багатьох елементів у концентраціях вище ГДК

1.6 Розрахунки показників біогеохімічної міграції

Характеристикою хімічного складу живої речовини є склад її мінеральної частини – золи, що обумовлюється вибірковістю поглинання та накопичування хімічних елементів. Концентрації хімічних елементів у золі зазвичай виражають у мг/кг або %.

Для якісної та кількісної оцінки переходу (транслокації) хімічних елементів до рослин використовують такі показники.

Показник біологічного поглинання A_i :

$$A_i = \frac{C_{\text{у золі рослини}}^i}{C_{\text{кларк}}^i} \quad (8)$$

A_i – це співвідношення концентрації певного хімічного елементу у золі рослини до його кларку в земній корі (табл. Д1 додатку).

За величиною показника біологічного поглинання виділяють ряди біологічного поглинання хімічних елементів (табл. Таблиця 1.5).

Таблиця 1.5 – Ряди біологічного поглинання хімічних елементів
(Перельман О. І.)

Категорія	Величина A_i	Хімічні елементи
Елементи енергійного біологічного накопичення	$n \cdot 10^1 - n \cdot 10^2$	P, S, Cl, Br, I
Елементи сильного біологічного накопичення	$n \cdot 10^0$	Ca, Na, K, Mg, Sr, Zn, B, Se
Елементи середнього біологічного захвату	$n \cdot 10^{-1}$	Mn, F, Ba, Ni, Cu, Ga, Co, Pb, Sn, As, Mo, Hg, Ag, Ra
Елементи слабого і дуже слабого біологічного захвату	$n \cdot 10^{-2} - n \cdot 10^{-3}$	Si, Al, Fe, Ti, Zr, Rb, V, Cr, Li, Y, Nb, Th, Sc, Be, Cs, Ta, U, W, Sb, Cd

Сума визначених показників біологічного поглинання для різних видів рослин складає їхню біогеохімічну активність: $BXA = \sum A_i$. Деякі рослини характеризуються певною здатністю до накопичення, іноді вибіркового, певних хімічних елементів.

Поглинання хімічних елементів рослинами на певній ділянці можна охарактеризувати за допомогою ґрунтово-рослинного коефіцієнту ГРК:

$$ГРК = \frac{C_{\text{у золі рослини}}^i}{C_{\text{у ґрунті (субстраті)}}^i} \quad (9)$$

Цей коефіцієнт відрізняється від A_i своєю локальністю – він характеризує накопичення елементу на певній ділянці. Також можна оцінити й перехід елементів до рослин із води (для водних рослин) або з повітря, розраховавши таким же способом водно-рослинний коефіцієнт (ВРК) та газиво-рослинний коефіцієнт (ГаРК).

Під час виконання практичних робіт та контрольної роботи обчислені коефіцієнти біологічного поглинання та ґрунтово-рослинні коефіцієнти доцільно зводити до

єдиної таблиці, що полегшить інтерпретування отриманих даних на предмет визначення закономірностей накопичення тих чи інших елементів, тими чи іншими видами рослин.

Для порівняння здатності рослини накопичувати хімічні елементи своїми різними органами (листя, плодами, коренями тощо) розраховують коефіцієнт відносного накопичення в органах рослин, який є співвідношенням концентрацій у різних органах, наприклад:

$$K = \frac{C_{\text{у листях}}^i}{C_{\text{у плодах}}^i} \quad (10)$$

Для перерахунку вмісту елементу в сухій речовині рослини використовують показник зольності, який є співвідношенням маси золи, що утворилася при спалюванні проби рослини до маси вихідної сухої речовини:

$$Z = \frac{m_{\text{золи}}}{m_{\text{сух. речов.}}} \cdot 100\% \quad (11)$$

Зольність зазвичай виражають у відсотках.

Щоб визначити вміст хімічних елементів у сухій речовині, спочатку розраховують масу сухої речовини, яка відповідає 1 кг золи, тобто яку кількість сухої речовини необхідно спалити, щоб отримати 1 кг золи:

$$Z = \frac{1 \text{ кг золи}}{m_{\text{сух. речов.}}} \cdot 100\% \Rightarrow m_{\text{сух. речов.}} = \frac{100 \cdot 1}{Z} [\text{кг}]$$

Далі, знаючи вміст хімічних елементів у визначеній масі сухої речовини, за пропорцією перераховують вміст в 1 кг сухої речовини.

Наприклад, необхідно визначити вміст цинку в сухій речовині рослини, якщо за результатами спектрального аналізу його концентрація у золі становить 60 мг/кг, а зольність, яку визначали у ході підготовки проби до аналізу, складає 7,5 %. По-перше, необхідно встановити, якій кількості сухої речовини відповідає 1 кг золи при даній зольності: $100 \cdot 1 / 7,5 = 13,3$ кг. Наступним етапом є розрахунок кількості цинку в 1 кг сухої речовини, якщо у 13,3 кг міститься 60 мг цинку, що є простою пропорцією: $1 \cdot 60 / 13,3 = 4,5$ мг. Отже, концентрація цинку в сухій речовині рослини – 4,5 мг/кг або $0,45 \cdot 10^{-3}$ %.

1.7 Опрацювання результатів спектрального аналізу геохімічних проб

Результати спектрального аналізу проб ґрунтів, золи рослин та інших твердофазних речовин представляють у вигляді спектральних ліній, які проявляються в ультрафіолетовому й видимому діапазонах із довжиною хвилі 200 – 850 нм. У кількісному спектральному аналізі визначають концентрацію хімічного елемента в пробі за відносною або абсолютною інтенсивністю ліній або смуг у спектрах. Спектральні лінії, що проявляються при найменшій концентрації елемента називають аналітичними, за якими проводять якісний спектральний аналіз. Аналітичні лінії усіх хімічних елементів зведені в атласи спектральних ліній.

Для визначення вмісту хімічного елемента в пробі використовують калібрувальний графік, який складають за результатами дослідження стандартних зразків – проб із відомою концентрацією елемента. Графік будують у логарифмічному масш-

табі, по вісі абсцис відкладаючи концентрацію елемента (C , %), а по вісі ординат – інтенсивність почорніння спектральних ліній S (рис. Рис. 1.1).

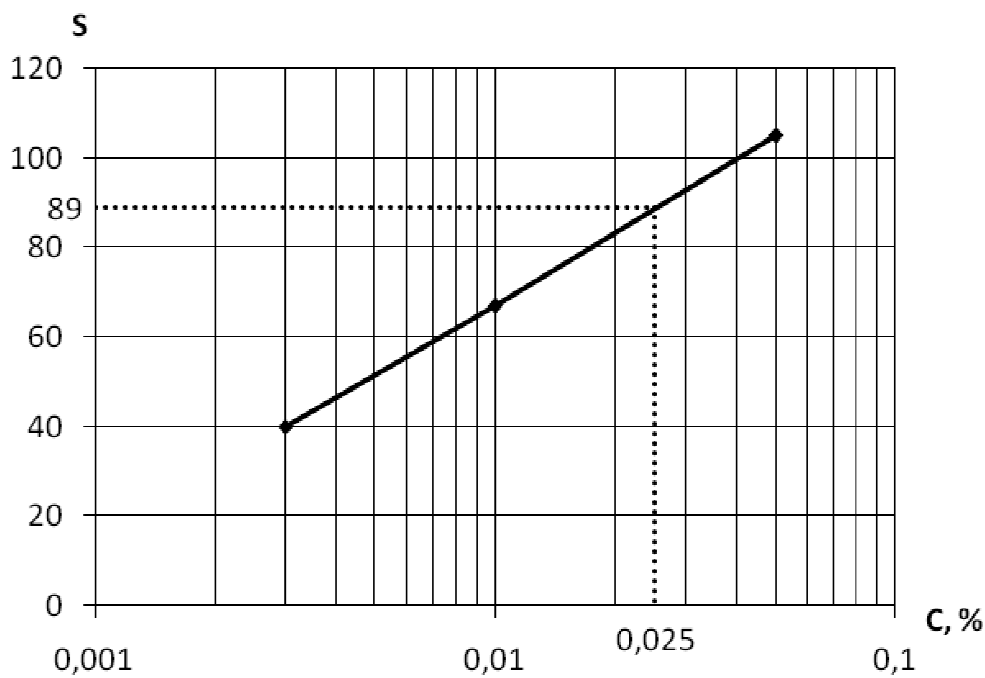


Рис. 1.1 – Графік для визначення концентрації елемента в пробі

За побудованою залежністю, яка є прямою, шляхом інтерполяції визначають шукану концентрацію хімічного елемента у пробі. Наприклад, на даному графіку інтенсивності почорніння 89 відповідає концентрація 0,025 %.

За результатами кількох паралельних визначень оцінюють достовірність аналізу, для чого розраховують стандартні статистичні параметри – середнє значення, середнє квадратичне відхилення, коефіцієнт варіації.

2. Основи радіоекології

2.1 Розрахунки радіологічних величин

Основними величинами, що використовують у радіоекології (радіаційній медицині, біології) є активність матеріалів (гірських порід, ґрунтів, води, будівельних матеріалів, відходів, харчових продуктів), яка кількісно відображає ступінь радіоактивності речовини, та доза, яка характеризує вплив джерела іонізуючого випромінювання на середовище. Ці величини та їхні похідні виражаються в одиницях системи СІ та позасистемних одиницях, які наведені у табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Фізичні величини, що використовують у радіології

Фізична величина	Одиниця, її назва та позначення (міжнародне, українське)		Співвідношення між одиницями	
	Позасистемна	СІ	Позасистемної і СІ	СІ і позасистемної
Активність нуклідна в радіоактивному джерелі	Кюрі (Сі, Кі)	Бекерель (Вq, Бк)	1 Кі = $3,7 \cdot 10^{10}$ Бк	1 Бк = $2,7 \cdot 10^{-11}$ Кі
Експозиційна доза	Рентген (R, Р)	Кулон на кілограм (С/kg, Кл/кг)	1 Р = $2,58 \cdot 10^{-4}$ Кл/кг	1 Кл/кг = 3876 Р
Потужність експозиційної дози	Рентген за секунду (R/s, Р/с)	Ампер на кілограм (А/kg, А/кг)	1 Р/с = $2,58 \cdot 10^{-4}$ А/кг	1 А/кг = 3876 Р/с
Поглинена доза	Рад (rad, рад)	Грей (Gy, Гр)	1 рад = 0,01Гр	1 Гр = 100 рад
Інтенсивність поглиненої дози	Рад за секунду (rad/s, рад/с)	Грей за секунду (Gy/s, Гр/с)	1 рад/с = 0,01Гр/с	1 Гр/с = 100 рад/с
Еквівалентна доза	Бер (rem, бер)	Зіверт (Sv, Зв)	1 бер = 0,01Зв	1 Зв = 100 бер
Інтенсивність еквівалентної дози	Бер за секунду (rem/s, бер/с)	Зіверт за секунду (Sv/s, Зв/с)	1 бер/с = 0,01 Зв/с	1 Зв/с = 100 бер/с

Приклади розрахунків радіологічних величин

Приклад 1

Потужність поглиненої дози в центрі впливу радіотерапевтичного джерела складає 58 рад/хв. У двох точках опроміненого тіла поглинена доза складає: в точці № 1 – 51%; в точці № 2 – 39% від дози у центрі впливу. Тривалість опромінення складає 5 хвилин 24 секунди. Визначити поглинену дозу в точках № 1 і 2 та виразити її в системі СІ.

Рішення: представимо час впливу джерела як 5,4 хвилини, використаємо співвідношення $1\text{рад} = 0,01\text{Гр}$ та розрахуємо значення поглиненої дози у центрі впливу ($D_{\text{ц}}$), в точках № 1 (D_1) и №2 (D_2):

$$D_{\text{ц}} = 58 \times 5,4 = 313,2 \text{ рад} = 3,132 \text{ Гр};$$

$$D_1 = 313,2 \times 0,51 = 159,73 \text{ рад} = 1,597 \text{ Гр};$$

$$D_2 = 313,2 \times 0,39 = 122,15 \text{ рад} = 1,222 \text{ Гр}.$$

Приклад 2

На робочому місці рівень зовнішньої проникної радіації складає 50 мбер/год. Визначити, яку дозу отримає працівник за один робочий день за умови тривалості зміни чотири години. Виразити величину у системі СІ.

Рішення:

$$50 \text{ мбер/год} \times 4 = 200 \text{ мбер}$$

Згідно співвідношенню системних та позасистемних одиниць (табл. 2.1):

$$200 \text{ мбер} \times 0,01 = 2 \text{ мЗв}.$$

Таким чином, індивідуальна доза персоналу за одну 4-х годинну робочу зміну за даних умов складатиме 2 мЗв.

Приклад 3

Унаслідок радіаційної аварії 1 854 700 осіб, що мешкають на прилеглий до радіаційного об'єкту території, отримали підвищену дозу опромінення. Для 2,7 тис. осіб індивідуальна ефективна еквівалентна доза склала від 22 до 66 мЗв, для 136 тис. осіб – от 4,4 до 22 мЗв и для 1 716 тис. осіб – от 1 до 4,4 мЗв. Розрахувати колективну ефективну еквівалентну дозу опромінення, отриману населенням, що мешкає на даній території.

Рішення:

$$D_{\text{кол}} = [2\,700 \times (22 + 66)/2 + 136\,000 \times (4,4 + 22)/2 + 1\,716\,000 \times (1 + 4,4)/2] / 1000 = 6\,547,2 \text{ люд} \cdot \text{Зв}.$$

2.2 Показники радіаційної безпеки будівельних матеріалів

Під час будівництва регламентуються такі радіаційні параметри:

- ефективна сумарна питома активність природних радіонуклідів (Бк/кг) радю-226, торію-232, калію-40 у сировині й будівельних матеріалах;
- потужність поглиненої дози в повітрі приміщень, яка вимірюється в мкГр/год (при цьому коефіцієнт переходу приймається рівним $1 \text{ мкР/год} = 0,0088 \text{ мкГр/год}$);
- середньорічна еквівалентна рівноважна об'ємна активність радону-222, яка вимірюється в Бк/м³.

Будівельні об'єкти розділяють на чотири групи залежно від допустимих рівнів перелічених вище радіаційних параметрів. Допустимий рівень, у свою чергу, визначається часом (тривалістю) перебування на ньому людей.

До першої групи відносять об'єкти житло-цивільного, промислового та іншого видів призначення, де передбачається тривале перебування людей. До другої групи відносять аналогічні об'єкти, введені в експлуатацію до 1992 року (часу введення нормативів на радіаційні властивості будівельних матеріалів і об'єктів). Третя група включає об'єкти промислового призначення, де виключе-

не тривале перебування людей, і дорожнього будівництва, розташовані в межах території населених пунктів. Четверта група об'єднує ізольовані об'єкти промислового, господарського і дорожнього призначення, експлуатація яких практично не пов'язана з перебуванням людей (дамби, підземні споруди), основи доріг, перекриті зверху шаром іншого матеріалу.

Допустимі рівні регламентованих параметрів наведені в таблиці 2.2. Таблиця 2.2 Таблиця 2.2 – Допустимі рівні радіаційних параметрів при будівництві

Регламентовані радіаційні параметри	Допустимі рівні для груп будівельних об'єктів			
	1	2	3	4
Потужність поглиненої дози в приміщенні, мкГр/год (мкР/год)	$\leq 0,26$ (30)	$\leq 0,44$ (50)	не нормується	не нормується
Середньорічна еквівалентна рівноважна об'ємна активність $Rn-222$, Бк/м ³	≤ 50	≤ 50	не нормується	не нормується
Ефективна питома активність ($A_{\text{эф}}$) ПРН у будівельних матеріалах, Бк/кг	≤ 370 1 клас	не нормується	≤ 740 2 клас	≤ 1350 3 клас

Сумарна ефективна питома активність будівельних матеріалів і сировини для їхнього виробництва визначається питомим вмістом у них природних радіонуклідів (ПРН) – радію-226, торію-232, калію-40.

Розрахунок цього показника проводять за формулою:

$$A_{\text{эф}} = C_{\text{Ra}} + 1,31C_{\text{Th}} + 0,085C_{\text{K}}, \quad (12)$$

де C_{Ra} , C_{Th} , C_{K} – концентрація відповідно радію-226, торію-232, калію-40 у будівельних матеріалах, Бк/кг.

Залежно від величини $A_{\text{эф}}$ будівельні матеріали розділяють на 3 класи (2.2). Матеріали 1-го класу радіаційної якості характеризуються $A_{\text{эф}} \leq 370$ Бк/кг і можуть бути використані при будівництві об'єктів усіх груп без обмеження. Матеріали 2-го класу з $A_{\text{эф}} \leq 740$ Бк/кг можуть бути використані для будівництва промислових і дорожніх об'єктів третьої групи. Будівельні матеріали 3-го класу з $A_{\text{эф}} \leq 1350$ Бк/кг можуть бути використані при будівництві об'єктів четвертої групи. Для використання будівельних матеріалів з $A_{\text{эф}} > 1350$ Бк/кг (наприклад, за наявності в них видатних декоративних властивостей) необхідне одержання спеціального дозволу.

Самостійна робота студентів

Самостійна робота студентів передбачає вивчення довідкової літератури і підготовку індивідуальної презентації на тему «Розповсюдження й міграція хімічних елементів та вплив їх накопичення на здоров'я людини» або на іншу тему, що розкриває закономірності перебігу геохімічних процесів у природних і техногенних компонентах довкілля. Темі презентацій (конкретні хімічні елементи або їх групи) студенти обирають самостійно та узгоджують з викладачем. У презентації мають бути висвітлені такі питання:

- 1) особливості розповсюдження і форми перебування хімічного елемента в земній корі, атмосфері, гідросфері, біосфері; кларки елемента; гірські породи й мінерали, що його містять; роль елемента у природному середовищі;
- 3) міграційна здатність елемента у повітрі, природних водах, біосфері; геохімічні бар'єри, на яких елемент або його сполуки накопичуються; форми його міграції;
- 4) напрямки використання елемента та його сполук у сферах діяльності людини; ступінь його залучення до техногенезу; техногенні джерела надходження у довкілля;
- 5) вплив хімічного елемента або його сполук на здоров'я людини та функціонування екосистем; токсичність елемента; гранично-допустимі концентрації елемента або його сполук у ґрунтах, повітрі, воді тощо.

Презентації виконуються у форматі MS Powerpoint і представляються до захисту у визначений термін. Обсяг презентації визначається заданим переліком питань, що наведений вище, та регламентованим часом доповіді – 7 хвилин. Роботи оцінюються за критеріями повноти розкриття теми, обізнаності доповідача у темі, наочності й структурованості слайдів, вміння усної доповіді, повноти й точності відповідей на запитання викладача й аудиторії. Кожному зі вказаних показників відповідає певний бал, їхня сума є підсумковою оцінкою за презентацію і становить 30 % загальної оцінки з дисципліни.

Окрім підготовки індивідуального завдання, до самостійного вивчення додатково виноситься нижче наведений перелік питань:

1. Типи еколого-геохімічних досліджень на урбанізованих територіях
2. Методика відбирання проб ґрунту та рослин під час еколого-геохімічних досліджень
3. Схема підготовки літогеохімічних проб (ґрунтів, донних мулів) до аналізу
4. Схема підготовки біогеохімічних проб (рослин) до аналізу
5. Спектральний аналіз твердофазних об'єктів, прилади для аналізу
6. Принцип роботи та принципова схема спектрографа
7. Прилади радіаційного контролю компонентів довкілля
8. Вимірювання радіоактивності продуктів харчування, води
9. Характеристика радіаційно небезпечних об'єктів на території України
10. Утворення радіоактивних відходів та поводження з ними

Контрольна робота для студентів заочної форми навчання

Контрольна робота для студентів заочної форми навчання включає виконання розрахунків показників геохімічної міграції елементів у природному та техногенно перетвореному середовищі, які характеризують ступінь їхнього накопичення та рівень небезпеки для здоров'я людини або функціонування екосистем.

У роботі наводять завдання й вихідні дані, проводять необхідні розрахунки, результати яких зводять у таблиці, формулюють висновки згідно до поставлених у завданні питань (визначають категорію міграційної здатності, оцінюють рівень забруднення тощо). Робота оформлюється за стандартними вимогами на аркушах формату А4. За бажанням студента розрахунки можна проводити засобами MS Excel або іншої програми, у такому випадку хід розрахунків і їх результати роздруковують і додають до роботи.

Робота виконується індивідуально кожним студентом, завдання до контрольної роботи за варіантами видається викладачем.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Авсеенко В. Ф. Дозиметрические и радиометрические приборы и измерение / Авсеенко В. Ф. – К.: Урожай. 1990. – 144 с.
2. Андруз Д., Бримблекумб П., Джикелз Т., Лисс П. Введение в химию окружающей среды. – М.: Мир, 1999. – 271 с.
3. Геохимия окружающей среды / [Ю. Е. Саэт, Б. А. Ревич, Е. П. Янин и др.] ; под ред. Ю.Е. Саэт. – М.: Недра, 1990. – 335 с.
4. Голдовская Л. Ф. Химия окружающей среды: учебн. для вузов. – М.: Мир, 2005. – 296 с.
5. ДБН В.1.4.–2.01–97 – Радіаційний контроль будівельних матеріалів і об'єктів будівництва.
6. ДСТУ 4287:2004 – Якість ґрунту. Відбирання проб. – К.: Держспоживстандарт України, 2005
7. ДСТУ ISO 10381–2:2004 Якість ґрунту. Відбирання проб. Частина 2. Настанови з методів відбирання проб (ISO 10381–2:2002, IDT). – К.: Держспоживстандарт України, 2005
8. ДСТУ ISO 11464:2001 Якість ґрунту. Попереднє оброблення зразків для фізико-хімічного аналізу. – К.: Держспоживстандарт України, 2001
9. Дробышев А. И. Основы атомного спектрального анализа / Дробышев А. И. : учебн. пособие. – С-Пб.: Изд-во СПбГУ, 1997. – 200 с.
10. Иванов В. В. Экологическая геохимия элементов. – М. : Экология, 1991
11. Коваленко Г. Д., Рудя К. Г. Радиоэкология Украины / Г. Д. Коваленко, К. Г. Рудя. – Киев: Изд.-полигр. центр "Київський ун-т", 2001. – 167 с.
12. Україна. Закони. "Про поводження з радіоактивними відходами" [прийнято Верховною Радою України 30 червня 1995 р. № 162/1162]

Додаток

Таблиця Д1 – Середній вміст (кларки) хімічних елементів у земній корі
(% мас; для благородних газів He, Ne, Ar, Kr, Xe значення наведені в г/см³)

№	Елемент	Кларк	№	Елемент	Кларк	№	Елемент	Кларк
1	H	0,11	29	Cu	$5,3 \cdot 10^{-3}$	57	La	$3 \cdot 10^{-3}$
2	He	$6 \cdot 10^{-5}$	30	Zn	$6,8 \cdot 10^{-3}$	58	Ce	$6,1 \cdot 10^{-3}$
3	Li	$2,5 \cdot 10^{-3}$	31	Ga	$1,7 \cdot 10^{-3}$	59	Pr	$7,6 \cdot 10^{-4}$
4	Be	$2 \cdot 10^{-4}$	32	Ge	$1,4 \cdot 10^{-4}$	60	Nd	$3 \cdot 10^{-3}$
5	B	$9 \cdot 10^{-4}$	33	As	$1,8 \cdot 10^{-4}$	62	Sm	$7,3 \cdot 10^{-4}$
6	C	$2 \cdot 10^{-2}$	34	Se	$7,3 \cdot 10^{-6}$	63	Eu	$1,2 \cdot 10^{-4}$
7	N	$2 \cdot 10^{-3}$	35	Br	$2,4 \cdot 10^{-4}$	64	Gd	$7,2 \cdot 10^{-4}$
8	O	46,5	36	Kr	$4,2 \cdot 10^{-9}$	65	Tb	$1,9 \cdot 10^{-4}$
9	F	$6,4 \cdot 10^{-2}$	37	Rb	$1,1 \cdot 10^{-2}$	66	Dy	$4,7 \cdot 10^{-4}$
10	Ne	$7,7 \cdot 10^{-8}$	38	Sr	$3,7 \cdot 10^{-2}$	67	Ho	$1,5 \cdot 10^{-4}$
11	Na	2,38	39	Y	$3,2 \cdot 10^{-2}$	68	Er	$3 \cdot 10^{-4}$
12	Mg	2,26	40	Zr	$1,6 \cdot 10^{-2}$	69	Tm	$3,6 \cdot 10^{-4}$
13	Al	8,07	41	Nb	$2,1 \cdot 10^{-3}$	70	Yb	$3,1 \cdot 10^{-4}$
14	Si	27,99	42	Mo	$1,2 \cdot 10^{-4}$	71	Lu	$9 \cdot 10^{-5}$
15	P	0,1	43	Tc	$1 \cdot 10^{-7}$	72	Hf	$2,4 \cdot 10^{-4}$
16	S	$3,3 \cdot 10^{-2}$	44	Ru	$4 \cdot 10^{-7}$	73	Ta	$2,2 \cdot 10^{-4}$
17	Cl	$1,8 \cdot 10^{-2}$	45	Rh	$5 \cdot 10^{-7}$	74	W	$1,4 \cdot 10^{-4}$
18	Ar	$2,2 \cdot 10^{-5}$	46	Pd	$9 \cdot 10^{-7}$	75	Re	$8 \cdot 10^{-8}$
19	K	2,13	47	Ag	$7,3 \cdot 10^{-6}$	76	Os	$2 \cdot 10^{-7}$
20	Ca	3,81	48	Cd	$1,7 \cdot 10^{-5}$	77	Ir	$6,5 \cdot 10^{-8}$
21	Sc	$1,7 \cdot 10^{-3}$	49	In	$1,5 \cdot 10^{-5}$	78	Pt	$5,7 \cdot 10^{-7}$
22	Ti	0,53	50	Sn	$2,3 \cdot 10^{-4}$	79	Au	$3,5 \cdot 10^{-7}$
23	V	$1,2 \cdot 10^{-3}$	51	Sb	$3 \cdot 10^{-5}$	80	Hg	$7,2 \cdot 10^{-6}$
24	Cr	$9,3 \cdot 10^{-3}$	52	Te	$3 \cdot 10^{-7}$	81	Tl	$9 \cdot 10^{-5}$
25	Mn	$9 \cdot 10^{-2}$	53	I	$4,7 \cdot 10^{-5}$	82	Pb	$1,3 \cdot 10^{-3}$
26	Fe	5,33	54	Xe	$3,4 \cdot 10^{-10}$	83	Bi	$1,9 \cdot 10^{-5}$
27	Co	$2,3 \cdot 10^{-3}$	55	Cs	$4,3 \cdot 10^{-4}$	90	Th	$1 \cdot 10^{-3}$
28	Ni	$7 \cdot 10^{-3}$	56	Ba	$4,7 \cdot 10^{-2}$	92	U	$2,6 \cdot 10^{-4}$

Таблиця Д2 – Фонові концентрації металів для ґрунтів різних регіонів України

Регіони України	Елементи та їхній вміст, мг/кг											
	Fe	Ti	Pb	Zn	Mn	Cu	Co	Mo	Sr	Cr	V	Ni
Полісся лівобережне	19847	3651	11	48	485	8	9	3	123	33	14	11
Полісся правобережне	18328	3092	13	37	451	8	10	2	121	37	15	11
Полісся західне	12050	3585	11	38	185	6	9	2,2	141	48	17	13
Лісостеп	13778	2718	10	52	735	20	17	2,8	119	51	52	26
Степ	19974	2631	13	62	670	27	16	3,8	142	85	68	25
Донбас	27492	4588	13	55	534	22	20	5,8	128	48	66	20
Степовий Крим	27500	3067	10	69	846	31	24	2,8	112	96	119	53
Кримські гори	–	–	–	60	933	83	27	–	–	–	253	53
Перед-карпаття	–	8938	67	85	554	34	18	1,6	–	103	107	39
Карпатські гори	–	11556	113	63	1067	22	18	2,2	141	109	82	29
Закарпаття	–	8378	67	89	716	20	18	1,1	–	89	100	30

Таблиця Д3 – Фонові концентрації елементів у ґрунтах Харківської області, мг/кг

№	Елемент	Концентрація	№	Елемент	Концентрація	№	Елемент	Концентрація
1	Fe	14 000	13	Cu	27,0	25	As	1,7
2	Ti	4 600	14	Pb	20,0	26	Mo	1,5
3	P	700	15	La	12,9	27	Ge	14
4	Mn	660	16	Y	12,7	28	Bi	1,1
5	Ba	360	17	Li	12,6	29	Yb	1,0
6	F	260	18	Co	11,0	30	Be	0,86
7	Zr	240	19	Nb	10,4	31	Cd	0,5
8	Sr	100	20	Ga	8,9	32	Hg	0,1
9	Zn	70,0	21	Rb	5,0	33	Se	0,05
10	V	70,0	22	Cs	5,0	34	Ag	0,03
11	Cr	70,0	23	Ta	5,0			
12	Ni	38,0	24	Sn	3,0			

Навчальне видання

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до практичних занять, самостійної роботи і контрольної роботи
з навчальної дисципліни «Прикладна літоєкологія»

(модуль 3 «Геохімія довкілля»)

(для студентів 3 курсу денної і 4 курсу заочної форм навчання за напрямом
підготовки 6.040106 «Екологія, охорона навколишнього середовища
та збалансоване природокористування»)

Укладачі: **Дядін Дмитро Володимирович,**
Дрозд Олена Миколаївна

Відповідальний за випуск *к. т. н., доц. В. М. Ладигенський*

За авторською редакцією

Комп'ютерне верстання *Н. В. Зражевська*

План 2011, поз. 96М

Підп. до друку 28.12.11

Друк на ризографі

Зам. №

Формат 60×84 1/16

Ум. друк. арк. 1,0

Тираж 50 пр.

Видавець і виготовлювач:

Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова,
вул. Революції, 12, Харків, 61002

Електронна адреса: rektorat@ksame.kharkov.ua

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:

ДК № 4064 від 12.05.2011