

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

до виконання індивідуального завдання та самостійної роботи  
з дисципліни «Радіоекологія» для студентів спеціальності  
101 «Екологія»

Затверджено  
редакційно-видавничою  
радою університету,  
протокол № 2 від 28.06.2023 р.

Харків  
НТУ «ХПІ»  
2023

Методичні вказівки до виконання індивідуального завдання та самостійної роботи з дисципліни «Радіоекологія» для студентів спеціальності 101 «Екологія» / уклад. В. М. Бабенко, Т. С. Тихомирова, А. О. Сакун, Є. В. Манойло. – Харків : НТУ «ХП». 2023 – 14 с.

Укладачі:

БАБЕНКО Володимир Миколайович  
ТИХОМИРОВА Тетяна Сергіївна  
САКУН Антоніна Олегівна  
МАНОЙЛО Євгенія Володимирівна

Рецензент Лебедєв В.В.

Кафедра хімічної техніки та промислової екології

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
1 Структура та оформлення завдання .....	5
2 Радіоактивність хімічних елементів .....	6
3 Орієнтовні теми індивідуальної роботи.....	8
4 Контрольні запитання для підготовки до залікового контролю.....	9
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ ДЛЯ ВИКОНАННЯ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ЗАВДАННЯ ТА САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ .....	12
ДОДАТКИ.....	13

## ВСТУП

Епохальні відкриття наприкінці XIX століття В. Рентгеном у 1895 р. рентгенівських променів та А. Беккерелем у 1896 р. природної радіоактивності і подружжям Кюрі у 1898 р. радіоактивних властивостей полонію і радію сприяло виникненню ряду наук, що вивчають теоретичні і практичні питання застосування людством ядерної енергії. Все це привело до активних досліджень в цьому напрямку та створенню атомної бомби, інтенсивному розвитку ядерної енергетики і застосування ядерних технологій у різних галузях народного господарства. Завдяки цим факторам у біосфері Землі почали надходити різноманітні штучні радіонукліди у значних кількостях.

Радіоактивний фон планети, який протягом багатьох тисячоліть був відносно постійним, став суттєво зростати, а штучні радіонукліди включалися в біогеохімічні цикли у наземних та водних екосистемах. Наслідком цього стало підвищення рівня складової штучного опромінення на населення, мікрофлору, рослинний і тваринний світ. Розвиток ядерних технологій викликав потребу у виокремленні особливого наукового напрямку – радіоекології, яка займається процесами міграції радіонуклідів у біосфері та особливо вивченням наслідків їх впливу на живі організми. Особливої актуальності проблеми радіоекології набули після аварії на Чорнобильській АЕС в 1986р. [1]. Ця катастрофа загострила увагу вчених на необхідності дослідження біологічного впливу радіоактивних ізотопів на живі організми та їх популяції.

Усвідомлення важливості радіоекології – науки, що вивчає розподіл, міграцію та кругообіг радіонуклідів у біосфері і вплив іонізуючого випромінювання на екологічні системи, її значення для розв'язання проблем охорони довкілля та покращення його якості, запобіганням негативним наслідкам впливу техногенного підвищеного радіаційного фону на екосистеми, сприяло інтенсифікації досліджень у галузі експериментальної радіоекології.

## **1 Структура та оформлення завдання**

Індивідуальне завдання складається з текстової частини. Загальний його обсяг складає: 10 – 15 сторінок тексту, представленого на форматі А4. Шрифт – Times New Roman. Розмір шрифту – 14 пт. Інтервал – 1,5. Реферат та зміст розробляються у відповідності зі стандартом СТЗВО-ХПІ- 3.01-2021 [2].

Основна частина пояснювальної записки включає:

- вступ;
- текстовий блок, що розриває суть завдання;
- висновки;
- список джерел інформації;
- додатки (за необхідністю).

### **Завдання індивідуальної роботи**

Викладач розробляє тему індивідуального завдання і визначає його мету та план виконання, або кінцевий термін здачі його здобувачем вищої освіти.

### **Зміст індивідуальної роботи**

Рекомендується у розділах основної частини завдання розглянути наступні складові.

#### **Вступ**

Зміст вступу повинен включати актуальність теми, а також його мету та завдання. Крім того, у вступі доцільно вказати можливе практичне чи перспективне значення результатів, які можуть бути досягнуті при вирішуванні проблеми що розглядається.

#### **Огляд літературних джерел**

Проводиться огляд джерел інформації щодо теми завдання (реферату), що вказує на ступінь її дослідження, впровадження та шляхи вирішення задач.

#### **Основна частина**

У даному розділі визначається розкриття теми завдання, бажано додавання рисунків та інформації у вигляді таблиць. При потреби приводиться характеристика об'єкту завдання.

#### **Висновки**

Висновки, скорочено, двома - трьома реченнями узагальнюють розкриття теми завдання. У них стисло представляються основні висновки обраної теми.

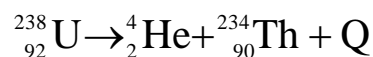
#### **Список джерел інформації**

Приводяться джерела інформації, які були використані при виконанні завдання. Вони можуть включати навчально-методичну літературу, наукові публікації, інформаційні ресурси Інтернету. У списку джерел інформації бажано представляти наукові публікації останніх 5 років. Рекомендована кількість літературних джерел складає 5–15.

Підготовлений до захисту реферат підлягає процедурі перевірки на анти-плагіат.

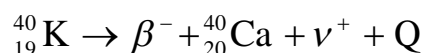
## 2 Радіоактивність хімічних елементів

**Альфа-розпад.** Цей вид ядерних перетворень супроводжується випусканням з ядра атома хімічного елемента альфа-частинки, що представляє собою ядро атома гелію. Перетворення призводить до народження нового хімічного елемента, який відрізняється від початкового хімічного елемента (зменшення порядкового номера) на 2 одиниці і масового числа на 4 одиниці (атомної маси), наприклад атом Урана при альфа розпаді становиться Торієм:



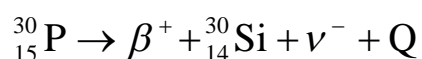
Такий вид ядерних перетворень характерний для природних "важких", радіоактивних елементів з великими порядковими номерами ядра, тобто з порядковими номерами більше 82, але бувають і винятки, альфа-активні ( ${}^{60}\text{Co}$  та ін.). Перетворення цих ядер супроводжуються випусканням альфа-частинок, що представляють собою фактично ядра атомів звичайного гелію  ${}^4\text{He}$ , при цьому ядро радіоактивного елемента втрачає 2 протона та 2 нейтрона, а елемент, що утворюється, можна знайти зліва на 2 клітини періодичної системи елементів, щодо початкового який перетерпів альфа-розпад [3, 4].

**Бета-розпад.** Декілька природних і штучних радіоактивних ізотопів хімічних елементів зазнають специфічний розпад з випусканням з свого ядра електронів або позитронів. Електрони або позитрони, що випускаються ядрами цих ізотопів, називаються бета-частинками або бета-випромінюванням, а самі ядра радіоактивних елементів – бета-активними. Якщо в ядрі радіоактивних ізотопів є "надлишок" нейтронів, то з ним відбувається електронний бета-розпад. При цьому проходить також перетворення, один хімічний елемент стає іншим. У початкового ізотопа один з нейтронів перетворюється в протон, а ядро "вистрілює" електрон і антинейтрино, таким чином виникає ядро нового хімічного елемента при незмінному масовому числі. Виліт електронів супроводжується викидом антинейтрино – надлегкої та надпроникаючої елементарної частинки з масою менше  $1/2000$  маси електрона, створений елемент "переміщується" в таблиці періодичних елементів на 1 поле вліво. Типовим прикладом є радіоактивний ізотоп  ${}^{40}\text{K}$ , який відповідає за суттєву частину тепла, що виробляється в надрах Землі,  $\nu^+$  – антинейтрино:



При "надлишку" протонів в ядрі радіоактивного ізотопу відбувається позитронний ( $\beta^+$ ) бета-розпад. Він супроводжується утворенням нового елемента, але вже розташованого в періодичній таблиці на 1 позицію вліво від материнського – початкового; протон перетворюється в нейтрон, енергія виділяється також у вигляді елементарної частинки –  $\bar{\nu}$  нейтрино. Позитрон ( $\beta^+$ ) "зриває" з електронної оболонки електрон, при цьому утворюється пара позитрон – електрон. При взаємодії елементарних часток "позитрон – електрон" між собою проходить процес "анігіляції" та вивільняється велика кількість енергії і утворюються 2 гамма-кванта,  $Q$  – енергія двох гамма-квантів.

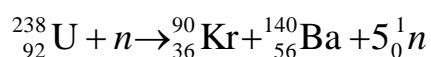
Наприклад:



Взаємодія між електронами і самою речовиною призводить до процесів іонізації і збудження атомів і молекул, тобто у них електрони переходять на більш енергетичні рівні. При взаємодії з орбітальними електронами самих хімічних елементів бета-частинки, а як звісно, що електрон ( $\beta^{-}$ ), що позитрон ( $\beta^{+}$ ), мають одиничний заряд та відхиляються від початкового шляху (однойменні заряди відштовхуються), тому глибина проникнення бета-частинок в речовину менша, ніж довжина пробігу [3, 4].

**Гамма-випромінювання** – це жорстке короткохвильове електромагнітне випромінювання, поширюється прямолінійно зі швидкістю світла, енергія його гамма-кванту знаходиться від 0,01 MeV до 3 MeV. Гамма-кванти випромінюються при альфа- і бета-розпадах ядра природних і штучних радіонуклідів – ізотопів хімічних елементів. Гамма-кванти, або гамма частки не мають маси спокою, також не мають електромагнітного заряду, як альфа-, та бета- випромінювання, тому проникаюча здатність в повітрі на рівні моря становить приблизно 150 метрів, а в біологічних тканинах істотного світу – десятки см, в залежності від типу та виду біологічної істоти.

Спонтанне, або самовільне ділення ядер, спостерігається для "важких" трансуранових хімічних елементів. Цей процес спостерігається у радіоактивних елементів з великими атомними номерами –  ${}^{235}\text{U}$ ,  ${}^{239}\text{Pu}$  та інших, під час захоплення їх ядрами вільних нейтронів.



Для них є наступна особливість – одні і ті ж ядра хімічних елементів при спонтанному поділу – утворюють різну кількість осколків (нових хімічних елементів) і обов'язково "вистрілюють" надмірну кількість нейтронів. Нейтрони, як звучить і їх назва, не несуть заряду, або є електронейтральними, за рахунок чого проникаюча здатність і в повітрі, і в практично всіх біологічних тканинах дуже велика, окрім чого вільні високоенергетичні нейтрони є достатньо щільно іонізуючими, а "важкі" атомні ядра при поглинанні нейтронів стають нестійкими і в свою чергу, розпадаються з випусканням таких же нейтронів, або протонів, альфа-частинок, фотонів гамма-випромінювання та різноманітних осколків початкового ядра [6–9].

### 3 Орієнтовні теми індивідуальної роботи

Тематика індивідуальної роботи відповідає меті та завданням вивчення студентами дисципліни, а також пов'язується з науковими, дослідними та практичними потребами у сферах промисловості, сталого розвитку, охорони довкілля та раціонального використання природних ресурсів. З цілю забезпечення актуальності тематика індивідуальної роботи щорічно може оновлюватися, також при цьому враховується, якщо студент бажає сам визначити актуальну тему завдання.

Теми індивідуальної роботи (приклад):

1. Застосування радіоактивних ізотопів в медицині.
2. Застосування радіоактивних ізотопів в сільському господарстві.
3. Застосування радіоактивних ізотопів у військовій промисловості.
4. Застосування радіоактивних ізотопів в археології.
5. Застосування радіоактивних ізотопів в хімічній техніці.
6. Застосування радіоактивних ізотопів в географії.
7. Застосування радіоактивних ізотопів в машинобудуванні.
8. Застосування радіоактивних ізотопів в космічній техніці.
9. Застосування радіоактивних ізотопів в хімічному аналізі.
10. Застосування радіоактивних ізотопів в атомній енергетиці.
11. Застосування радіоактивних ізотопів в приладобудівній техніці.
12. Застосування радіоактивних ізотопів в харчовій промисловості.
13. Застосування радіоактивних ізотопів в геології.
14. Застосування радіоактивних ізотопів в астрономії.

Робота здається в паперовому, або в електронному вигляді викладачу на пошту в Офіс365 на адресу: [Volodymyr.Babenko@khpi.edu.ua](mailto:Volodymyr.Babenko@khpi.edu.ua) .

## 4 Контрольні запитання для підготовки до залікового контролю

### Тема 1

1. Що вивчає радіоекологія?
2. Дайте визначення радіоекології як науки.
3. Хто запропонував термін «радіоекологія»?
4. Вкажіть предмет і методи дослідження радіоекології.
5. Визначить етапи розвитку радіоекології.
6. Які етапи розвитку радіоекології в Україні?
7. Охарактеризуйте методи дослідження які використовують в радіоекології.
8. Назвіть зарубіжних і вітчизняних вчених, які зробили визначний внесок у розвиток радіоекології.
9. Вкажіть галузі застосування досягнень радіоекології.
10. Охарактеризуйте зв'язок радіоекології з іншими науками.

### Тема 2

1. Охарактеризуйте будову атома.
2. Поясніть процес збудження атома та їх іонізацію.
3. Вкажіть сили, що забезпечують стійкість атома.
4. Охарактеризуйте радіоактивні ізотопи.
5. Дайте визначення природної та штучної радіації.
7. Напишіть формулу закону радіації.
8. Охарактеризуйте період напіврозпаду.
9. Що таке пряма і непряма радіація ?

### Тема 3

1. Головні джерела природної радіоактивності в Україні.
2. Головні техногенні джерела іонізуючого випромінювання в Україні.
3. Географія радіоактивного забруднення довкілля в Україні.
4. Особливості радіоактивного забруднення території України  $^{137}\text{Cs}$  і  $^{90}\text{Sr}$ .  
Плямистість забруднення радіонуклідами.
5. Географія радіоактивного забруднення водних екосистем України.  
Забруднення радіонуклідами дніпровського каскаду.
6. Сучасний радіаційний стан і структура зони відчуження.
7. Чому ізотопи  $^{137}\text{Cs}$  і  $^{90}\text{Sr}$  мають особливу небезпеку, як для людини так і для навколишнього середовища?
8. Назвіть найпотужнішу АЕС у Європі на 2021 рік.

### Тема 4

1. Що уявляють собою альфа-частки?
2. Що уявляють собою бета-частки?
3. Що уявляють собою гамма-частки?
4. Дайте визначення часткам "протон", "нейтрон" та "електрон".
5. З яких часток складаються атоми та ядра хімічних елементів, та чим відрізняється від них водень?
6. Чим відрізняється "електрон" від "позитрона"?

7. В яких величинах вимірюється енергія та маса елементарних частинок?

8. Яку дозу отримує людина при медичному обстеженні на рентгенівському обладнанні?

9. Яку дозу отримують працівники авіації при кожному польоті на літаках громадянської авіації?

10. Що таке експозиційна доза фотонного випромінювання?

11. Що таке поглинена доза?

13. Що таке еквівалентна доза в органі або тканині?

14. Що таке ефективна та еквівалентна доза?

15. Що таке доза колективна ефективна (еквівалентна)?

16. Що таке коефіцієнт екранування будівлями?

17. Яка різниця між індивідуальними та колективними дозами опромінення у людей?

### Тема 5

1. Назвіть основні шляхи міграції радіоактивних речовин в об'єктах навколишнього середовища і сільського господарства.

2. Визначить поняття трофічного, або харчового, ланцюга у радіоекології.

3. Які чинники визначають міграцію радіонуклідів в атмосфері?

4. Назвіть основні види міграції радіонуклідів в ґрунті.

5. Як впливають фізико-хімічні властивості радіонуклідів на їх міграцію в ґрунті?

6. В чому полягає значення механічного та мінералогічного складу ґрунту в міграції радіонуклідів?

7. Визначить вплив агрохімічних властивостей ґрунту на міграцію радіонуклідів та їх перехід в рослини.

8. Як впливають погодно-кліматичні умови на міграцію радіонуклідів.

9. Які шляхи надходження радіонуклідів у рослини?

10. Особливості позакореневого надходження радіонуклідів в рослини.

11. Фактори, що впливають на перехід радіонуклідів з ґрунту в рослини.

12. Яким чином радіонукліди потрапляють у організм тварин?

13. Які особливості міграції радіонуклідів у лісових насадженнях?

14. Дайте характеристику шляхам надходження радіонуклідів у організм людини.

### Тема 6

1. Назвіть основні шляхи міграції радіоактивних речовин в об'єктах навколишнього середовища і сільського господарства.

2. Визначить поняття трофічного, або харчового, ланцюга у радіоекології.

3. Які чинники визначають міграцію радіонуклідів в атмосфері?

4. Назвіть основні види міграції радіонуклідів в ґрунті.

5. Як впливають фізико-хімічні властивості радіонуклідів на їх міграцію в ґрунті?

6. В чому полягає значення механічного та мінералогічного складу ґрунту в міграції радіонуклідів?

7. Як впливають погодно-кліматичні умови на міграцію радіонуклідів.

8. Які шляхи надходження радіонуклідів у рослини?

## Тема 7

1. Джерела і шляхи надходження природних радіонуклідів і радіонуклідів техногенного походження у водойми.
2. Яка роль морів та океанів у радіонуклідних забрудненнях Землі?
3. Які особливості розподілу і перерозподілу радіонуклідів у морях?
4. Назвіть типові значення коефіцієнтів накопичення радіонуклідів у морській біоті.
5. Як і чому розподіляються радіонукліди за глибиною моря?
6. Які особливості розподілу радіонуклідів у різних зонах морської екосистеми?
7. Поняття коефіцієнту накопичення радіонукліду у водній екосистемі.
8. Особливості розподілу радіонуклідів по основних компонентах водної екосистеми.
9. Вплив гідрологічних чинників на розподіл радіонуклідів у водних екосистемах різного типу.
10. Роль твердого стоку в розсіюванні та міграції радіонуклідів в річкових екосистемах.
11. Вплив гідрохімічних чинників на розподіл радіонуклідів між основними компонентами водної екосистеми.
12. Роль донних відкладів при розподілі радіонуклідів у водоймі.
13. Поняття ізотопних і неізотопних носіїв та їх вплив на накопичення радіонуклідів компонентами водної екосистеми.
14. Основні фізичні фактори водного середовища та їх вплив на накопичення радіонуклідів компонентами водної екосистеми.
15. Лужно-кислотні умови водного середовища як фактор впливу на накопичення радіонуклідів водними організмами.
16. Накопичення радіонуклідів різними групами водних організмів.
17. Особливості накопичення радіонуклідів рибами.

## СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ ДЛЯ ВИКОНАННЯ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ЗАВДАННЯ ТА САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

1. Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища»  
Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12#Text>
2. СТЗВО-ХПІ-3.01-2021. Текстові вимоги у сфері навчального процесу. Загальні вимоги до виконання. Чинний від 09.12.2021 р. Харків. НТУ «ХПІ», 2021.– Режим доступу: <http://blogs.kpi.kharkov.ua/v2/metodotdel/wp-content/uploads/sites/28/2021/12/STZVO-HPI-3.01-2021-SSONP.-Tekstovi-dokumenti-u-sferi-navchalnogo-protseesu.-Zagalni-vimogi-do-vikonannya.pdf>
3. Радіоекологія: підручник. В.П. Шапорев, Ю.Г. Масікевич, В.Ф. Моїсєєв, та ін. – Чернівці: «Місто» АНТ, 2017. – 440 с.
4. Клименко М. О., Клименко О. М., Клименко Л. В. К49 Радіоекологія : підручник. – Рівне : НУВГП, 2020. – 304 с.
5. Сільськогосподарська радіоекологія: Підручник / За редакцією академіка НААН України І.М. Гудкова. – К.: Видавництво Ліра-К, 2017. – 268 с.
6. І.М. Гудков. Радіобіологія: Підручник для вищ. навчальних закладів. – К.: НУБіП України, 2016. – 485 с.; табл. 50. Іл. 105. Бібліограф.: 30 назв.
7. Радіоекологічний термінологічний словник: Навчальне видання / О.І. Бондар, В.П. Фещенко, І.М. Гудков, В.В. Гуреля. – Житомир: Видавець О.О. Євєнюк, 2018. – 254 с.
8. Wondergem J. Radiation biology: a handbook for teachers and students // International atomic energy agency, Vienna, 2010. – 155 p.
9. Vysotskii V.I., Kornilova A.A. Nuclear transmutation of stable and radioactive isotopes in biological systems. – Pentagon Press, India, Delhi, 2010.

## ДОДАТОК 1 – Форма титульного аркуша

Харківський національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»  
Кафедра хімічної техніки та промислової екології

## ІНДИВІДУАЛЬНЕ ЗАВДАННЯ

з навчальної дисципліни «Радіоекологія»  
на тему:

« \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ »

Виконав (ла):

студ. групи \_\_\_\_\_  
(ПІБ)

Керівник: \_\_\_\_\_  
(ПІБ)

Оцінка:

Національна шкала \_\_\_\_\_

Кількість балів: \_\_\_\_\_ ECTS

Навчальне видання

**Методичні вказівки**

до виконання індивідуального завдання та самостійної роботи  
з дисципліни «Радіоекологія» для студентів спеціальності  
101 «Екологія»

Укладачі:

БАБЕНКО Володимир Миколайович

ТИХОМИРОВА Тетяна Сергіївна

САКУН Антоніна Олегівна

МАНОЙЛО Євгенія Володимирівна

Відповідальний за випуск Байрачний В.Б.

Роботу рекомендувала до друку Зінченко М.Г.

Комп'ютерна верстка Бабенко В.М.

План 2023 р., поз. 449

---

---