

УДК 372.854

DOI: 10.30977/BUL.2219-5548.2023.102.0.111

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КОМПЕТЕНТНОСТІ Й МІЖДИСЦИПЛІНАРНИХ ЗВ'ЯЗКІВ ЯК МЕТОД УДОСКОНАЛЕННЯ РАДІОЕКОЛОГІЧНОЇ ОСВІТИ

Хоботова Е. Б., Даценко В. В.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

***Анотація.** Запропоновано новий методологічний підхід для підготовки екологів під час вивчення дисципліни «Радіоекологія», який забезпечує формування міждисциплінарних зв'язків і науково-дослідного мислення, диференціацію навчання, можливість самостійної підготовки та вдосконалення навичок, високий рівень компетентності. Теоретична частина дисципліни забезпечує сприйняття її змісту, нових понять, явищ і процесів, набуття міцних знань, знайомство з сучасними досягненнями науки. Диференційована практична частина мотивує до навчальної діяльності та до пізнавального процесу, прищеплює навички вирішення конкретних практичних завдань з радіаційних проблем, підвищує рівень кваліфікації та компетентності майбутнього фахівця. Індивідуальні завдання розвивають навички аналізу, критичне мислення та здатність використовувати професійні знання у виробничій ситуації, що створює підстави для формування конкурентоздатної особистості. Самостійна підготовка студентів за тестовими завданнями дисципліни дозволяє здійснити контроль знань, перевірити наявність навичок і творчої компоненти в здобувачів освіти на різних етапах навчання. Новий методичний підхід щодо вивчення дисципліни «Радіоекологія» з огляду на міждисциплінарні зв'язки використаний в процесі створення підручника «Радіоекологія».*

***Ключові слова:** радіоекологія, міждисциплінарні зв'язки, компетентність, практичні навички, індивідуальні та тестові завдання, диференціація навчання, самостійна підготовка.*

Вступ

Проблеми екологічно безпечного розвитку цивілізації є ключовими в наукових дослідженнях, зокрема у сфері освіти [1]. До дисциплін екологічного напрямку підготовки належить «Радіоекологія», яка останнім часом набуває великого значення під час підготовки інженерів-екологів. Як навчальна дисципліна радіоекологія має таку саму особливість, як і вся освіта ХХІ століття, – радикальне та динамічне оновлення. Модернізація вищої освіти та підвищення якості підготовки здобувачів першого (бакалаврського) та другого (магістерського) рівнів вищої освіти є головною метою новачій у цій галузі. Впроваджуються комплексний підхід під час вибору сучасних способів та методів навчання, нові технології навчання, дистанційне навчання, удосконалюються організаційні та методичні матеріали для самостійної роботи студентів. Важливими є міждисциплінарні зв'язки, які є дидактичним принципом та основою для формування методологічних знань. Вони формують світогляд та вдосконалюють професійну підготовку, активізують пізнавальну діяльність, розвивають системний тип мислення [2, 3]. Основним інструментом, яким мають оволодіти здобувачі освіти, є математичне моделювання. Для ра-

діоекології – це один із ефективних практичних методів вивчення процесів міграції радіоактивних речовин у навколишнє середовище [4].

Аналіз публікацій

Основними завданнями сучасного етапу розвитку вищої освіти є збільшення часу для самостійної підготовки та забезпечення компетентності майбутніх спеціалістів [5]. Методологічним підходом, що дозволяє вирішити зазначені завдання, є створення навчальної літератури нового зразка згідно з вимогами до вищої освіти. Сучасні навчальні видання мають відповідати навчальній програмі як регульовальному фактору, поетапно формувати знання відповідно до принципів модульності, диференціації та дидактики, розвивати здібності та навички аналізу, забезпечувати міждисциплінарні зв'язки та реалізовувати компетентнісний підхід в освіті [6–8]. Вони мають розвивати та закріплювати наукове, аналітичне та творче мислення, мотивувати навчальну та пізнавальну діяльність для набуття практичних навичок [9–11]. Важливою особливістю сучасних навчальних методичних розробок є спрямованість на контроль або самоконтроль якості освітнього процесу [12].

Мета та постановка завдання

Мета роботи – ознайомлення з новим комплексним методологічним підходом у підготовці фахівців-екологів, що поєднує такі складові:

- диференціацію та практичну орієнтованість навчання;
- формування міждисциплінарних зв'язків;
- розвиток творчої активності та критичного мислення.

На сьогодні вже вирішені такі завдання: розроблення нової навчальної програми дисципліни «Радіоекологія»; розроблення теоретичного курсу з темами, що мають міжпредметні зв'язки з іншими дисциплінами та аналізом новітніх відкриттів учених у галузі радіоекології; розроблення диференційованої практичної частини дисципліни, що складається з практичних занять, лабораторного практикуму та індивідуальних завдань. Практична частина спрямована на вирішення конкретних ситуаційних завдань; розроблення методів контролю знань та вмінь студентів (тестові завдання різних типів); впровадження в навчальний процес нового методологічного підходу, розробленого одним із авторів підручників з радіоекології, в яких його було застосовано. [13, 14].

Новизна комплексного методологічного підходу полягає в забезпеченні диференціації навчання, самостійної підготовки та вдосконаленні навичок здобувачів освіти.

Очікуваний результат – формування конкурентоздатного, кваліфікованого та компетентного спеціаліста в галузі радіоекології.

Предметом дисципліни «Радіоекологія» є методично-адаптована система понять про закономірності впливу іонізуючого випромінювання, міграцію радіоактивних речовин у біосфері, біологічній дії радіації. *Метою* вивчення дисципліни є підготовка здобувачів першого (бакалаврського) рівня фахівців з екології, який здатний вирішувати професійні завдання в галузі радіоекології. Сучасна радіоекологія розвивається на стику біологічних, фізичних та хімічних наук: екології людини, тварин і рослин, біології, радіобіології, радіаційної генетики, ядерної фізики, ядерної геофізики, ядерної геохімії, радіохімії та дозиметрії.

Виклад основного матеріалу

Міждисциплінарні зв'язки під час викладання теоретичних розділів дисципліни «Радіоекологія». Теоретична частина дисципліни – це методично-адаптована система, що містить такі розділи: «Будова ядра атома»,

«Природна радіоактивність», «Штучна радіоактивність», «Іонізуючі випромінювання», «Дозиметрія», «Технічно змінений радіаційний фон», «Джерела радіоактивності, створені людиною», «Ядерна енергетика», «Перспективи розвитку ядерної енергетики після аварії на ЧАЕС», «Кругообіг штучних радіоізотопів у зовнішньому середовищі», «Загальні закономірності радіобіологічної дії радіації», «Радіаційні синдроми та промені». У процесі викладання матеріалу викладачі мають дотримуватися принципу логічних міждисциплінарних і міжтематичних зв'язків. Під час занять з ядерної фізики та ядерної геофізики вивчаються радіаційні поля, тобто розподіл джерел іонізуючого випромінювання в атмосфері, водах, ґрунтах та гірських породах; на заняттях з радіохімії досліджують стан радіоактивних речовин у водних розчинах та аерозолях, визначають хімічні форми та ступені окиснення радіоактивних елементів, форми, в яких відбувається міграція радіоактивних речовин у середовищі; радіобіологія містить інформацію про концентрування радіоактивних елементів різними організмами та їхніми окремими органами, дані про генетичні та інші наслідки впливу іонізуючих випромінювань; генетика розробляє методи розрахунку доз іонізуючих випромінювань та методи радіаційного захисту. У разі послідовного вивчення теорії у здобувачів освіти має сформуватися комплекс знань й уявлень про дію іонізуючої радіації від природних і створених людиною джерел, види іонізуючих випромінювань, одиниці радіоактивності та дози радіації, позитивні та негативні наслідки використання атомної енергетики, методи радіаційного захисту, променеві навантаження, що впливають на біонтів, закономірності внутрішнього та зовнішнього опромінення організму людини, ступені його ураження залежно від дози опромінення та токсичності речовини.

Кожен розділ містить достатній обсяг теоретичного матеріалу: наприклад, щодо складу атомного ядра розглянуто не лише ядерні частки та поняття (ізотопи, ізобари й ізотони), а й ядерні сили, зокрема розрахунок радіуса ядра, оболонкова модель ядра, магнічні числа нуклонів. Розглянуто елементи природної радіоактивності та їхній вміст у компонентах навколишнього природного середовища та продуктах харчування. Докладно проаналізовано складові зовнішнього випромінювання: космічне, ґрунтіве та гірських порід, тропосферне та водне середовища. Здобувачі освіти вивчають варіювання кос-

мічного випромінювання у вигляді широтного та барометричного ефектів. У темі «Дозиметрія» наведено принципи дозиметричного контролю та розроблені останнім часом методи. У розділі, де аналізуються джерела технологічно зміненого радіаційного фону, наведена інформація щодо радіоактивності будівельних матеріалів, радонової проблеми, радіоактивності промислових відходів, фосфорних руд і добрив, термальних джерел, ключовими темами занять є аналіз радіоактивних відходів, що утворюються під час роботи АЕС, методів їх перероблення та поховання, радіоактивного забруднення всіх складових біосфери та продуктів харчування штучними радіонуклідами ядерного вибуху та аварії на АЕС. Теоретичний матеріал з біологічної дії радіації дозволить здобувачам освіти поєднати розрізнені раніше знання про радіаційні ефекти в єдину систему, яка дає можливість прогнозувати наслідки радіаційного опромінення.

Виклад теоретичного матеріалу спрямований на перспективу, тому як додатковий матеріал наведено досягнення в галузі радіоекології та радіобіології. Під час вивчення теоретичної частини дисципліни сприймається її зміст, здобувачі освіти дізнаються про нові поняття та явища щодо дії різних видів іонізуючих випромінювань, набувають нові знання.

Практична орієнтованість та диференціація практичної частини дисципліни. Практична частина дисципліни складається із завдань різних рівнів складності: початкового, середнього, вищого та творчого. Цей підхід використовувався авторами для створення збірника завдань з хімії [15]. Така диференціація дає можливість вибору для здобувачів освіти та дозволяє вдосконалити процес набуття навичок практичної діяльності. Наприклад, під час розрахунків за законом радіоактивного розпаду використовуються три його аналітичні вирази, що аналізують взаємозв'язок між кількісними характеристиками процесу: постійна радіоактивного розпаду (λ), період напіврозпаду (T) та середня тривалість життя ізотопу (τ). Варіювання завдань різного рівня складності, алгоритм їх вирішення та навички, що набуваються, наведені в табл. 1.

Розроблено завдання до теми радонової проблеми: розрахунок виходу радону з ґрунту залежно від його пористості та коефіцієнта дифузії, розрахунок середньої тканинної (легеневої) дози, обумовленої вдиханням ізо-

топів ^{220}Rn , ^{222}Rn , залежно від інтенсивності вентильації приміщення, розрахунки дози γ -випромінювання в приміщеннях залежно від використаних будівельних матеріалів, математичне обґрунтування заміни будівельних матеріалів з підвищеною питомою активністю природних радіонуклідів (ЕР) на альтернативні.

Приклад практичного завдання, спрямованого на вирішення конкретного ситуаційного завдання: «Визначте мінімальну довжину рукоятки маніпулятора, що забезпечує безпечні умови роботи наукового співробітника з радіонуклідами загальної активності 60 мґ-екв Ra протягом 28 годин на тиждень без додаткового радіаційного захисту». Освоєння практичної частини дисципліни мотивує навчальну діяльність як збільшення інтелектуальної активності, пізнавального інтересу. Цьому допомагає диференціація практичної частини за рівнями складності та поступовий перехід на наступні рівні. Метою є вирівнювання практичних навичок здобувачів освіти на професійному рівні.

Творча компонента практичної частини у вигляді індивідуальних завдань із вирішенням проблемних ситуацій. Під час вирішення завдання, в якому поєднані запитання з різних тем дисципліни, необхідно використовувати міждисциплінарні зв'язки та різноманітні підходи. Здобувач освіти повинен мати знання, виявити ерудицію та правильно виконати розрахункову частину. Подібні індивідуальні завдання доцільно використовувати, оскільки вони є профільованими проблемними ситуаціями та сприяють як формуванню моделі спеціаліста, так і його самостійності, підвищенню рівня кваліфікації та компетентності. Індивідуальні завдання використовуються для активізації вивчення різноманітних професійно-орієнтованих екологічних дисциплін [16].

Як приклад можна навести індивідуальне завдання: «аналіз радіаційної обстановки на гірничо-збагачувальному комбінаті та прилеглий території».

Спільна ситуація. Гірничо-збагачувальний комбінат – підприємство з переробки залізняку, що складається з 7 основних цехів. У разі отримання залізного концентрату в цехах комбінату утворюються хвости у вигляді суспензії тонкоподрібненої гірської породи. Природні радіонукліди концентруються хвостами. Основним напрямом утилізації хвостів збагачення (далі – шлаки) є використання їх як вторинної сировини для виробництва будівельних матеріалів.

Таблиця 1 – Зміна навичок практичної діяльності залежно від рівня складності завдань

Рівень складності	Умова задачі	Знання формул, алгоритм розв'язання	Набуття навичок
початковий	Знайти масу ізотопу (m) ^{81}Sr ($T = 8,5$ год), що розпалася за $t = 25,5$ год зберігання, якщо початкова маса (m_0) становила 200 мг.	Розрахунок маси ізотопу, що не розпався, за формулою $m = m_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T}}$.	Здійснення розрахунків під час використання одного аналітичного виразу закону радіоактивного розпаду.
середній	Період напіврозпаду ізотопу ^{14}C дорівнює 5760 років. За скільки років активність зразка ^{14}C зменшиться до 90 % вихідної величини? Чому дорівнює радіоактивна постійна λ і середня тривалість життя ізотопу τ ?	Для розв'язання задачі студент має знати зміст закону радіоактивного розпаду та зв'язок між константами розпаду. 1. Визначення λ і τ : $\lambda = \frac{0,693}{T}$; $\tau = 1,44 \cdot T$. 2. Використання закону радіоактивного розпаду $N = N_0 \cdot e^{-\lambda t}$ or $N = N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T}}$ для визначення часу розпаду: $t = T \lg\left(\frac{N_0}{N}\right) / 0,301$.	Вміння здійснити розрахунок усіх кількісних характеристик радіоактивного розпаду за однією відомою константою. Вміння перетворити вираз закону радіоактивного розпаду (2 види) для визначення величини, яку потрібно знайти
вищий	Визначити питому радіоактивність (C) β -активного ізотопу ^{140}Ba , якщо $T = 12,8$ діб. Знайти масу дочірнього продукту розпаду (визначити ізотоп), який утворюється з 1,5 г ^{140}Ba через 64 дні.	1. Визначення T як одиниці вимірювання секунди. 2. Розрахунок питомої активності за загальною кількістю ядер (a), що містяться в 1 кг ізотопу ^{140}Ba : $C = \lambda \cdot a = \frac{6,02 \cdot 10^{23} \cdot 10^3 \cdot 0,693}{140 \cdot 12,8 \cdot 24 \cdot 3600} = 2,69 \cdot 10^{18} \frac{\text{Бк}}{\text{кг}}$. 3. Розрахунок m аналогічний задачі початкового рівня. 4. Розрахунок $m_{\text{Ba-140}} = m_0 - m$ 5. Знання видів радіоактивного розпаду та законів усунення. Короткий запис електронного (β^-) розпаду ізотопу: $^{140}\text{Ba} \rightarrow {}^0_{-1}\text{e} + ^{140}\text{La}$.	Додатково до умінь середнього рівня: здійснення розрахунку питомої радіоактивності з використанням атомної маси ізотопу та числа Авогадро $N_A = 6,02 \cdot 10^{23}$. Вміння написати рівняння видів радіоактивного розпаду.

Постановка проблеми. Необхідно проаналізувати рівень радіації у цехах комбінату, ступінь опромінення внаслідок використання радону та гамма-випромінювання природних радіонуклідів; визначити радіоактивні властивості відходів збагачення руди та спрогнозувати сферу їх використання в будівництві; проаналізувати вид комбінованої дії радіації та шуму в цехах комбінату.

I етап: радіаційна характеристика будівельних матеріалів цехів комбінату. Цехи підприємства побудовані із шлакобетону. Гамма-спектрометричні дані щодо питомих активностей його складових та їхніх масових частин наведені в табл. 2 (варіант № 1). Розрахуйте річну еквівалентну дозу для робітників цеху.

Визначте внесок у дозу природних радіонуклідів ΔD_{EP} , що належать до складу будівельних матеріалів.

Алгоритм розрахунку. Річну ефективно еквівалентну дозу γ -випромінювання (мкЗв/рік) сучасних кам'яних будівель розраховують за формулою

$$D_{\text{пом.}} = 4,74 \cdot \overline{C_{\text{еф.}}},$$

$$\overline{C_{\text{еф.}}} = \frac{\sum_i (C_{\text{еф.}})_i \cdot m_i}{\sum_i m_i}$$

де $(C_{\text{еф.}})_i$ – ефективна питома активність природних радіонуклідів у будівельних матеріалах; $\overline{C_{\text{еф.}}}$ – середня ефективна питома активність природних радіонуклідів у будівельній конструкції, виготовленій з різних матеріалів.

Таблиця 2 – Питома активність будівельних матеріалів

Цех	Цемент		Пісок		Гравій		Шлак доменний	
	С, Бк/кг	т, т	С, Бк/кг	т, т	С, Бк/кг	т, т	С, Бк/кг	т, т
1	95	8	80	24	180	25	150	12

Процес використання будівельних матеріалів визначають згідно з приналежністю до певного класу радіаційної небезпеки (табл. 3).

Таблиця 3 – Критерії використання матеріалів залежно від величини ефективної питомої активності [17]

Клас відходів	$C_{\text{эф}}$, Бк/кг	Галузь застосування
I	<370	Без обмежень у будівництві
II	370–740	У промисловому та дорожньому будівництві поза житловою зоною як наповнювач бетонів і залізобетонів
III	740–2240	У промислових зонах, поза населеними пунктами, для будівництва дамб
IV	2240–3700	У регіонах видобування, для будівництва дамб, хвостосховищ та місцях виробок
V	>3700	Тільки для поховання та в місцях закладки горнів-виробок

Дозу, отриману γ -випромінюванням природних радіонуклідів будівельних матеріалів, розраховують за формулою

$$\Delta D_{\text{EP}} = D_{\text{гном.}} - 305, \text{ мкЗв/рік,}$$

де 305 мкЗв/рік – доза, яку отримали люди, якщо протягом року перебували на відкритій місцевості;

2 етап: радіаційна характеристика відходів виробництва. Використовуючи результати γ -спектрометричного дослідження відходів збагачення залізняку, які наведені в табл. 4, розрахуйте їхню ефективну питому радіоактивність. Визначте клас радіаційної небезпеки та визначте можливу сферу їх застосування в будівельній галузі.

Таблиця 4 – Результати γ -спектрометричного дослідження відходів збагачення залізняку

$C_{\text{уд.}}$, Бк/кг		
^{232}Th	^{226}Ra	^{40}K
85,1	69,1	858,6

Алгоритм розрахунку. Гігієнічний аналіз матеріалів, що застосовують у будівництві, здійснюється за величиною ефективної питомої активності $C_{\text{эф}}$:

$$C_{\text{эф}} = C_{\text{Ra}} + 1,31C_{\text{Th}} + 0,085C_{\text{K}},$$

де C_{Ra} , C_{Th} , C_{K} – питомі активності радію-226, торію-232 і калію-40 (табл. 4); 1,31 и 0,085 – зважені коефіцієнти торію-232 і калію-40 у співвідношенні до радію-226.

За величиною $C_{\text{эф}}$ визначають критерії використання матеріалів у будівельній галузі (табл. 3);

3 етап: дози опромінення радоном. Розрахуйте величину дози опромінення людей радоном-222 у цеху №1 під час роботи вентиляційного обладнання та його аварійної зупинки. У процесі розрахунків використовуйте результати вимірювання концентрації ^{222}Rn за допомогою альфа-радіометра:

$$C_{^{222}\text{Rn}} = 26 \text{ Бк/м}^3.$$

Алгоритм розрахунку. Величину середньої тканинної дози людини, обумовлену вдиханням радону, можна визначити за допомогою таких рівнянь:

$$\begin{aligned} &\text{– вентиляція у приміщенні} && D_{\text{Rn-222}} = 0,038 \cdot C_{\text{Rn-222}} \text{ зв/рік;} \\ &\text{за умови обміну } 0,001 \text{ об'єму повітря за } 1 \text{ с} && \\ &\text{– відсутність вентиляції} && D_{\text{Rn-222}} = 0,135 \cdot C_{\text{Rn-222}} \text{ зв/рік,} \end{aligned}$$

де C – концентрація еманцій бк/м³;

4 етап: аналіз типу комбінованої дії радіації та шуму. У цеху №1 розміщено технологічне обладнання з високим рівнем шуму. Визначте тип комбінованого впливу радіації та шуму на людину, використовуючи графічну залежність професійної захворюваності від величини поглиненої дози (дані табл. 5). Визначте вид комбінованої дії радіації та шуму. Розрахуйте кількісну характеристику комбінованої дії – фактор зменшення дози (ФЗД) за умови 4,25 % захворюваності в разі спільної дії двох факторів.

Алгоритм розрахунку. Кількісний критерій комбінованої дії радіації та інших факторів ФЗД дорівнює співвідношенню доз радіації, що мають однаковий біологічний ефект (S – захворюваність) за наявності другого фактора (D_2) та за умови дії лише радіації (D_1):

$$\text{ФЗД} = \frac{D_2}{D_1}.$$

Таблиця 5 – Професійна захворюваність в умовах комбінованої дії радіації та шуму

Захворюваність (%) у разі дії факторів	$D_{\text{погл.}}, \text{Гр}$							
	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.10	0.12	0.15
радіація	3.0	3.2	3.4	3.5	3.9	4.1	4.4	4.6
радіація + шум 105 дБ	4.0	4.1	4.2	4.3	4.3	4.3	4.5	4.6

Приклад графічної залежності $\lg S - D$ визначення ФЗД наведено на рис. 1.

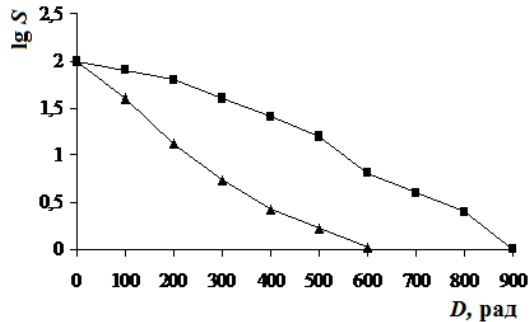


Рис. 1. Графічна залежність $\lg S - D$ визначення ФЗД

Як приклад можна навести ще два індивідуальні завдання щодо аналізу радіоекологічних ситуацій різного рівня складності та небезпеки. Вони спрямовані на формування у здобувачів освіти наукового мислення:

1 радіаційно-гігієнічний аналіз наслідків аварії на АЕС із розгерметизацією активної зони та виходом продуктів поділу урану в навколишнє середовище. Завдання складається з таких етапів: визначення рівня радіаційного забруднення складових біосфери; прогноз щодо забруднення стронцієм сільськогосподарської продукції; розрахунок кількісних критеріїв міграції ^{90}Sr за трофічними рівнями; визначення рівня інтенсивності дискримінаційних актів; ефективність захисних заходів під час дезактиваційних робіт в активній зоні та на прилеглий території; визначення типу відновлення в часі променевих ушкоджень організму людини, що знаходиться на забрудненій території;

2 аналіз радіаційної ситуації для підприємства з регенерації ядерного палива містить такі етапи: розрахунок допустимої концентрації радіонуклідів шляхетних газів (РБГ); розрахунок потужності дози β - та γ -випромінювань у разі опромінення тіла людини РБГ за їхньої спільної присутності в повітрі приміщення; розрахунок тканинних доз опромінення; захисні заходи, які здійснюються в разі розгерметизації технологічного обладнання.

Індивідуальні завдання різних рівнів складності є новими комплексними підхода-

ми, що орієнтовані на знання та практичну професійну підготовку, які розвивають навички аналізу та здатність використовувати професійні знання у певній ситуації, що створює основу для формування конкурентоспроможної особистості.

Лабораторний практикум як спосіб опанування новими методиками та технологіями вперше запроваджено в навчальній програмі. Це стало можливим після придбання відповідної приладової бази: сцинтиляційного спектрометра енергій гамма-випромінювань (СЕР-001 «АКП-С») із системою аналізу, дозиметра-радіометра МКС-05 «Терра» для оброблення та візуалізації спектрометричної інформації. Під час лабораторних робіт здобувачі освіти опановують сучасні наукові методики визначення питомих активностей радіоізотопів, радіаційно-хімічного аналізу різноманітних середовищ та матеріалів (вод, ґрунтів, продуктів харчування, добрив, будівельних матеріалів тощо), досліджують зовнішнє γ -випромінювання будівельних матеріалів та компонентів техногенно зміненого радіаційного фону (зол, шлаків, шлаків, фосфатів). За допомогою методик дозиметричного контролю визначаються дози зовнішнього опромінення людини за різних геометрій опромінення. До радіобіологічних методик належать такі: методика визначення кількості стронцію-90 у молоці, методи визначення вмісту радіоактивних речовин в організмі та методи прискорення виведення радіонуклідів з організму.

Опанування методиками лабораторного практикуму формує професійну компетентність та науково-дослідницьке мислення, збільшує конкурентоздатність майбутніх інженерів-екологів.

До засобів контролю знань та умінь здобувачів освіти належать завдання для самоконтролю та тестові завдання закритого та відкритого типів. Наведено приклади тестових завдань закритого типу альтернативного вибору, побудовані за принципом простої альтернативи. Вони спрямовані на «грубу» перевірку знань та класифікацій за певним розділом, перевірку навичок правильного застосування знання в процесі засвоєння дисципліни.

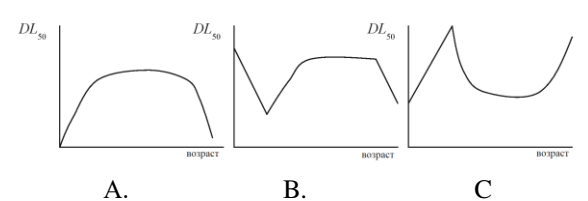
1. ТОВЩИНА ЗАХИСТУ З БЕТОНУ ($\rho_{\text{бетон}} = 2,3 \text{ г/см}^3$), ЩО ПОСЛАБЛЮЄ В РАЗІ γ -ВИПРОМІНЮВАННЯ В 20 РАЗІВ, ЯКЩО $\mu_m = 0,0268 \text{ см}^2/\text{г}$, ДОРІВНЮЄ:

A. $d = \frac{0,0268 \cdot \ln 20}{2,3}$ B. $d = \frac{2,3 \cdot \ln 20}{0,0268}$

C. $d = \frac{0,0268 \cdot 2,3}{\ln 20}$ D. $d = \frac{\ln 20}{0,0268 \cdot 2,3}$

Тестове завдання з використанням графіки:

2. ВІКОВІ ВІДМІННОСТІ В РАДІОЧУТЛИВОСТІ ІЛЮСТРУЮТЬСЯ ЗАЛЕЖНІСТЮ:



Тестові завдання закритого типу, побудовані за принципом відповідності:

3. КРИВІ ОНОВЛЕННЯ КЛІТИН КРОВІ ПІСЛЯ ОПРОМІНЕННЯ:

- A. еритроцити
B. тромбоцити
C. лімфоцити



4. ВІДДАЛЕНІ НАСЛІДКИ ОПРОМІНЮВАННЯ

Форма ефекту Наслідки ефектів опромінення

1. пухлинна A. скорочення тривалості життя
2. не пухлинна B. апластичні стани тканин
C. бластомогенез
D. дисгормональні порушення
E. склерозування тканин
F. лейкози

Тести відкритого типу спрямовані на перевірку знань формул, одиниць вимірювання, умінь здійснити розрахунок:

5. ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ГРАНИЧНОЇ ТИЖНЕВОЇ ДОЗИ ОПРОМІНЕННЯ ПІД ЧАС РОБОТИ З ДЖЕРЕЛОМ γ -ВИПРОМІНЮВАННЯ ^{60}Co , АКТИВНІСТЮ 30,3 Ки, НА ВІДСТАНІ 3 м ПРОТЯГОМ 36 г/доб НЕОБХІДНЕ ВИКОРИСТАННЯ ЗАХИСНИХ СПОРУД З МАТЕРІАЛІВ: БЕТОНУ, ТОВЩОЮ ($\rho_{\text{бетон}} = 2,3 \text{ г/см}^3$) _____ см, АБО ЦЕГЛИ ($\rho_{\text{цегл}} = 1,4 \text{ г/см}^3$), ТОВЩИНОЮ _____ см.

Самостійна підготовка здобувачів освіти з використанням тестових завдань з дисципліни дозволяє провести контроль знань, пере-

вірити наявність навичок та творчої компоненти на різних етапах навчання.

Безперервність екологічної освіти ефективно реалізується під час запровадження вищезазначеного методологічного підходу. У цьому випадку наявна пряма кореляція між безперервним екологічним навчанням та професійною компетентністю. Знання здобувачів освіти з хімії, фізики, біології є основою засвоєння теоретичного та практичного матеріалів з радіоекології. Крім того, під час занять з професійно-орієнтованих екологічних дисциплін стають у нагоді знання з радіоекології, наприклад, у розділах дисципліни «Екологія людини», зокрема під час вивчення теми «Екогігієнічні проблеми харчування людини та міграції радіонуклідів за харчовими ланцюгами з їх накопиченням у харчових продуктах». Кількісні показники радіоактивних ксенобіотиків на трофічних рівнях та заходи щодо їх зниження здобувачі освіти вивчають у розділі «Застосування добрив та їх вплив на здоров'я людини», використовуючи знання, набуті під час вивчення теми дисципліни «Радіоекологія» «Техногенно-змінений радіаційний фон», зокрема вміст радіонуклідів у фосфорних рудах та добривах. Неможливим є вивчення впливу факторів міського середовища на здоров'я людини, зокрема збільшення кількості онкологічних захворювань та смертності, без знання механізмів дії фізичного канцерогенного фактора – іонізуючих випромінювань.

Безперервність навчання важлива також під час вивчення дисципліни «Основи екологічної токсикології». Комбінована дія токсичних речовин та радіації найчастіше відбувається в синергізмі. І здобувачі освіти мають це довести, використовуючи знання з біологічної дії іонізуючих випромінювань. У розділі «Токсикологія радіоактивних речовин» аналізується значення термінів хімічної та радіаційної токсичності.

Висновки

Визначена можливість покращення радіоекологічної освіти здобувачів освіти завдяки розробленню нового методологічного підходу. Організація пізнавальної діяльності здійснюється внаслідок формування науководослідного мислення. Новий методологічний підхід допомагає здобувачам освіти в організації їхньої самостійної роботи в процесі набуття знань з радіоекології та суміжних дисциплін екологічного спрямування через формування міждисциплінарних зв'язків. Набут-

тя практичних навичок дозволить майбутнім спеціалістам вирішувати конкретні завдання та радіаційні проблеми на виробництві, підвищить рівень їхньої кваліфікації та компетентності.

Література

1. Кравець О. П. Радіологічні наслідки радіонуклідного забруднення агроценозів. Київ: Логос, 2008. 240 с.
2. Міждисциплінарна інтеграція як складова проблемно-орієнтованого навчання в медичному університеті / Шульгай А. Г., Федонюк Л. Я., Мудра А. Є., Олещук О. М. Медична освіта. 2018. № 4. С. 113–116. doi.org/ 10.11603/me.2414-5998.2018.4.9342.
3. Вайнтрауб М. А. Сучасна інженерно-педагогічна освіта: інтегровано розвивальний підхід. *Interdisciplinary Studies of Complex Systems*. 2017. № 10–11. С. 96–104.
4. Matvieieva I., Tikhonova V., Groza V. 2019. Mathematical Modelling of Radionuclide Migration and Reliability of Natural Systems. *Interdisciplinary Studies of Complex Systems*, 2019. № 14. С. 53–57. doi.org/10.31392/iscs.2019.14.053.
5. Пометун О. І. Компетентнісний підхід у сучасній освіті: світовий досвід та українські перспективи. – Київ: К. І. С., 2004. С. 66–72.
6. Липова Л. А., Терещенко М. Є. Самовизначення особистості в аспекті профільної диференціації навчання. Профільне навчання: нормативно-правові й теоретико-методичні засади. Тернопіль: Мандрівець, 2010. С. 110–117.
7. Taylor S. To understand and be understood: facilitating interdisciplinary learning through the promotion of communicative competence. *Journal of Geography in Higher Education*. 2018. Vol. 42. Is. 1. P. 126–142. doi.org/10.1080/03098265.2017.1379059.
8. Сікорський П. І. Теоретико-методологічні основи диференційованого навчання. Львів: Камінь, 1998. 196 с.
9. Josie Ransome, Philip M. Newton. (2018). Are we educating educators about academic integrity? A study of UK higher education textbooks. *Assessment & Evaluation in Higher Education*. 43:1. P. 126–137.
10. Bruce Allen Knight Teachers' use of textbooks in the digital age. *Cogent Education*. 201. Vol. 2. Issue 1. 10 p. doi.org/10.1080/2331186X.2015.1015812.
11. Гризун Л. Е. Дидактичні основи створення сучасного комп'ютерного підручника: дис. ... канд. пед. наук: 13.00.09. Харків, 2001. 210 с.
12. Мадзігон В. М. Дидактичні вимоги до електронних підручників. Проблеми сучасного підручника: зб. наук. праць. Київ: Педагогічна думка, 2010. Вип. 10. 780 с.

13. Хоботова Е. Б., Грайворонська І. В., Уханьова М. І. Радіоекологія. Харків: ХНАДУ, 2018. 288 с.
14. Хоботова Е. Б. Радіоекологія. Біологічна дія радіації. Харків: ХНАДУ, 2023. 156 с.
15. Збірник задач з хімії: навч. посібн. / Хоботова Е. Б., Даценко В. В., Єгорова Л. М., Ненасітін Т. О. Харків: ХНАДУ, 2017. 160 с.
16. Хом'юк В. В. Компетентнісно орієнтовані завдання як важливий чинник формування когнітивної складової математичної компетентності майбутніх інженерів. URL: <http://repository.sspu.edu.ua/handle/123456789/4994> (дата звернення: 25.11.2020).
17. Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97). Київ: МОЗ, 1997. 121 с.

References

1. Kravets O. P. 2008. Radiolohichni naslidky radionuklidnoho zabrudnennia ahrotsenoziv. *Kyiv: Lohos*, 240.
2. Mizhdystsyplinarna intehratsiia yak skladova problemno-orientovanoho navchannia u medychnomu universyteti / Shulhai A. H., Fedoniuk L. Ia., Mudra A. Ie., Oleshchuk O. M. *Medychna osvita*. 2018. № 4. P. 113–116. DOI: doi.org/ 10.11603/me.2414-5998.2018.4.9342.
3. Vaintraub M. A. 2017. Modern engineering-pedagogical education: integrated developmental approach. *Interdisciplinary Studies of Complex Systems*. № 10–11. Pp. 96–104
4. Matvieieva I., Tikhonova V., Groza V. 2019. Mathematical Modelling of Radionuclide Migration and Reliability of Natural Systems. *Interdisciplinary Studies of Complex Systems*, 2019. № 14. Pp. 53–57. doi.org/10.31392/iscs.2019.14.053.
5. Pometun O. I. 2004. Kompetentnisnyi pidkhhid u suchasni osviti: svitovi dosvid ta ukrainski perspektivy. *Kyiv: K. I. S.* Pp 66–72.
6. Lypova L. A., Tereshchenko M. Ie. 2010. Samovyznachennia osobystosti v aspekti profilnoi dyferentsiatsii navchannia. *Profilne navchannia: Normatyvno-pravovi y teoretyko-metodychni zasady, Ternopil: Mandrivets*. Pp. 110–117
7. Taylor S. To understand and be understood: facilitating interdisciplinary learning through the promotion of communicative competence. *Journal of Geography in Higher Education*. 2018. Vol. 42. Is. 1. P. 126–142. doi.org/10.1080/03098265.2017.1379059.
8. Sikorskyi P. I. 1998. Teoretyko-metodolohichni osnovy dyferentsiiovanoho navchannia. *Lviv: Kamienar*, 196 s.
9. Josie Ransome, Philip M. Newton. (2018). Are we educating educators about academic integrity? A study of UK higher education textbooks. *Assessment & Evaluation in Higher Education*. 43:1. P. 126–137.

10. Bruce Allen Knight Teachers' use of textbooks in the digital age. *Cogent Education*. 201. Vol. 2. Issue 1. 10 p.
11. Hryzun L. E. 2001. *Dydaktychni osnovy stvoriuvannya suchasnoho kompiuternoho pidruchnyka: dys. ... kand. ped. nauk: 13.00.09. Kharkiv*, 210.
12. Madzihon V. M. 2010. *Dydaktychni vymohy do elektronnykh pidruchnykiv. Problemy suchasnoho pidruchnyka: zb. nauk. prats. Kyiv: Pedahohichna dumka*. Vol. 10. 780 s.
13. Khobotova, E. B., Hraivoronska, I. V., Ukhanova M. I. 2018. *Radioecology. Kharkiv: KhNAHU*. 288 s.
14. Khobotova E. B. 2023. *Radioekolohiia. Biolohichna diia radiatsii. Kharkiv: KhNADU*, 156 s. / Khobotova E. B., Datsenko V. V., Yehorova L. M., Nenastina T. O. 2017. *Kharkiv: KhNADU*, 160 s.
16. Khomiuk V. V. *Kompetentnisno oriientovani zavdannia yak vazhlyvyi chynnyk formuvannia kohnityvnoi skladovoi matematychnoi kompetentnosti maibutnikh inzheneriv*. URL: <http://repository.sspu.edu.ua/handle/123456789/4994>.
17. Hygienic requirements for the management of industrial waste and the definition of their class of danger to the health of the population: State sanitary rules and norms 2.2.7.029-99. *Kiev*, 121.

Хоботова Еліна Борисівна, професор, д-р хім. наук, професор кафедри хімії та хімічної технології Харківського національного автомобільно-дорожнього університету, тел. (095)880-44-19, elinahobotova@gmail.com.

Даценко Віта Василівна, доцент, канд. хім. наук, доцент кафедри хімії та хімічної технології Харківського національного автомобільно-дорожнього університету, тел. (097)880-92-95, dacenkovita14@gmail.com. Харківський національний автомобільно-дорожній університет, вул. Ярослава Мудрого, 25, Харків, 61002, Україна.

Ensuring competence and interdisciplinary communications as a method of improving radioecological education

Problem. *The discipline of the ecological direction "Radioecology" has recently gained great importance in the training of environmental engineers. In teaching it, a comprehensive approach is implemented when choosing modern teaching methods, new learning technologies, distance learning, organ-*

izational and methodical materials for independent work of students are being improved. Goal. *The purpose of the work is to introduce a new complex methodological approach in the training of ecologists, which combines differentiation and practical orientation of education, the formation of interdisciplinary connections, the development of creative activity and critical thinking. Results.* *A new methodological approach in training environmentalists in the discipline "Radioecology" is presented. It provides the formation of interdisciplinary connections and research thinking, differentiation of training, the possibility of self-training and improving skills, high level of competency. The theoretical part provides perception of the discipline substance, the new concepts, phenomena and processes, ensures acquisition of the solid knowledge, familiarization with modern achievements of science. The differentiated practical part motivates learning activity and cognitive processes, imparts the skills of solving specific practical tasks on radiation problems, and enhances the level of qualification and competence of the future specialist. Originality.* *Individual tasks develop analytical skills, critical thinking and the ability to use professional knowledge in the place of production, which creates the basis for formation of a competitive personality. Students' independent training with the discipline test tasks makes possible to monitor their knowledge, check their skills and creative components at different stages of training. A new methodological approach to the study of the discipline "Radioecology", taking into account interdisciplinary relationships, was used to create the textbook "Radioecology".*

Key words: *radioecology, interdisciplinary connections, competence, practical skills, individual and test tasks, differentiation of training, self-training.*

Khobotova Elina, Doctor of Chemical Sciences, Professor, Department of chemistry and chemical technology, Kharkiv National Automobile and Highway University, Kharkiv, Ukraine, tel. (095)880-44-19, elinahobotova@gmail.com.

Datsenko Vita, PhD, Associate Professor, Department of chemistry and chemical technology, Kharkiv National Automobile and Highway University, Kharkiv, Ukraine, tel. (097)880-92-95, dacenkovita14@gmail.com.

Kharkiv National Automobile and Highway University, 25, Yaroslava Mudrogo str., Kharkiv, 61002, Ukraine.