

УДК 574:378 (53.08)

*Андріанова І.С., Герасимов О.І., Курятников В.В., Співак А.Я.*

*Одеський державний екологічний університет, вул. Львівська, 15, м. Одеса*

*E-mail: kuryatnikov1@ukr.net*

### **Концептуальні питання освітньо-професійної підготовки фахівців з спеціальності «Технології захисту навколишнього середовища»**

*Складання освітніх програм підготовки фахівців у галузі захисту навколишнього середовища потребує чітких уявлень про концепції, місце базових дисциплін і основних питань майбутньої спеціальності. Розглянуті особливості методологічних аспектів опису рівнів та оцінки якості освіти у термінології компетентностей та результатів навчання. Вони полягають у превалюванні компетентностей, що мають фізичний зміст та забезпечують наповнення «ядра» освітньої програми фізичними принципами, методами та моделями.*

*Вивчення забруднювальних процесів у природних об'єктах потребує знань фізики аеродисперсних систем у зв'язку з вирішенням питань аерозольних викидів в атмосферне повітря, знань фізики дисперсних замулених скидів у водне середовище, знань та розуміння фізичних явищ процесів тепло-масопереноса у ґрунті, як у гранульованій системі, знань фізики зовнішніх випромінювань, включаючи звукові, теплові, електромагнітні, зокрема, іонізуючі випромінювання, та вплив їх на оточуюче середовище.*

*Особливості освітньої системи підготовки фахівців у галузі захисту навколишнього середовища враховують задачі системної радіоекології, серед яких особливо важливими є задачі радіаційного моніторингу. Запропонований концептуальний підхід вивчення радіоекології не в цілому, змішуючи закони фізики, хімії та, наприклад, біології, а за окремими галузями, при тому системно.*

**Ключеві слова:** *системна радіоекологія, фізика дисперсних систем, гранульовані системи*

**Вступ.** Метою статті є розгляд особливостей освітньої системи підготовки фахівців у галузі технологій захисту навколишнього середовища із забезпеченням фізичного змісту навчання, зокрема, врахуванням задач фізики аеродисперсних систем та системної радіоекології.

Серед основних загальних методологічних принципів і підходів у розвитку сучасних технологій із захисту навколишнього середовища є:

- системний підхід, орієнтований на вивчення природних об'єктів в умовах забруднення, впливу зовнішніх випромінювань, включаючи звукові, теплові, електромагнітні, іонізуючі випромінювання, вивчення різноманітних зв'язків між окремими елементами складної системи, якою є довкілля, та підпорядкування цих елементів, що стосуються фізичних та інших аспектів;
- комплексність, на основі якої розглядаються різні сторони екологічних процесів, а також загальний характер, пов'язаний з фізикою дисперсних систем, вивченням багатьох забруднювальних процесів - аерозольних викидів в атмосферне повітря, дисперсних замулених скидів у водне сере-

довище, фізичних явищ процесів у ґрунті, як у гранульованій системі, впливу випромінювань і т.ін.;

- моделювання як метод формалізованого опису об'єктів дослідження у дисперсному або гранульованому стані.

Застосування цих методів і підходів, і перш за все використання методу системно-структурного аналізу в поєднанні з методом моделювання, створення та вивчення різних екологічних моделей дозволяє останнім часом говорити про важливе значення у розвитку технологій захисту навколишнього середовища таких фізичних дисциплін, як системна радіоекологія [1- 3], фізика дисперсних систем, включаючи питання фізики гранульованих систем, що інтенсивно вивчаються в останні часи.

Задачі, які ставляться перед усім у підготовці фахівців з технологій захисту навколишнього середовища пов'язані з історичними аспектами напрямку роботи екологічного університету, послідовності вивчення природних гідрометеорологічних процесів, а також роботи кафедри у вивченні фізики і радіоекології.

**1. Задачі системної радіоекології.** Сучасна радіоекологія – синтетична дисципліна, яка пов'язана з багатьма природничими та гуманітарними науками.

У системній радіоекології можна виділити основні методи та моделі, які мають певний характер взаємодій, та досліджувати ці взаємодії.

Це концептуальний підхід, який дозволяє розглядати радіоекологію не в цілому, змішуючи закони фізики та, наприклад, біології, а за окремими галузями [4].

Основна задача системної радіоекології при такому підході – це статистичний аналіз структури складних природних систем, визначення статистичних розподілів факторів радіаційного забруднення об'єктів довкілля, доз випромінювання і радіаційних характеристик опромінених об'єктів.

Вирішення цієї задачі дозволяє здійснювати прогноз динаміки складних радіоекологічних систем, умов їх функціонування, прогнозувати радіоекологічні ризики [1-4].

Більш, ніж 30-річний досвід роботи кафедри загальної та теоретичної фізики ОДЕКУ наводить на думку, що викладання системної радіоекології в рамках освітньо-професійної програми (ОПП) за фахом «Технології захисту навколишнього середовища» повинно передбачати розгляд питань, що складають фундаментальну базу дисципліни, та потребують у теперішній час подальшого розвитку і додаткових наукових досліджень:

- радіаційний моніторинг радіоактивного забруднення та його перерозподілу;
- статистичний аналіз даних радіаційного моніторингу, розрахунки статистичних характеристик поля радіаційного забруднення;
- оцінка надійності методів і засобів контролю;
- аналіз адекватності радіаційного стану середовища встановленим на Україні нормативам [5-6];
- моделювання радіоекологічних процесів, зокрема, моделювання динаміки міграції радіоактивного забруднення та його перерозподілу;
- статистичні закони спектроскопії іонізуючого випромінювання, справжні і

апаратні функції розподілів в спектроскопії, зокрема в гамма-спектрах;  
 - моделювання спектрів гамма-випромінювання.

Особлива увага при підготовці фахівців повинна приділятися фізичному характеру зовнішнього впливу на об'єкти навколишнього середовища, який являє собою активні та пасивні фактори (радіаційне опромінювання, електромагнітне, акустичне, теплове випромінювання).

Що стосується досліджень питань екологічного моніторингу - потрібно виділити питання вивчення дисперсних систем в об'єктах навколишнього середовища, якими є атмосферне повітря, водне середовище і ґрунт.

Для атмосфери - визначення параметрів статистичних розподілів потужності газоаерозольних викидів радіоактивних речовин у атмосферу у зоні, наприклад, АЕС є необхідним для отримання імовірнісної оцінки ефективності контролю неперевищення значень гранично допустимих викидів, які забезпечується прийнятими величинами контрольних рівнів викидів окремих компонент. Як свідчать дані моніторингу [7, 8], динаміка викидів інертних радіоактивних газів, довго живучих нуклідів і  $I^{131}$  в стаціонарному режимі експлуатації АЕС характеризується незначними флуктуаціями щодо деякого середнього, не дуже великого рівня.

Статистичні розподіли потужності різних компонент газоаерозольних викидів в цілому непогано описуються гаусовим розподілом.

У тому випадку, коли середнє значення вимірювального ефекту  $\mu_E$  не є схильним до флуктуацій, можна вважати [9], що статистичні властивості реєстрованих відліків вже при порівняно невеликих середніх значеннях  $\mu_E$  добре описуються нормальним законом розподілу:

$$p_E(x; \mu_E) = N(x; \mu_E, \sigma_E^2) \quad (1)$$

з характерною для пуассонівського розподілу дисперсією  $\sigma_E^2 = \mu_E$ .

Флуктуації даних вимірювання відбуваються внаслідок статистичної природи параметра  $A$  поля радіоактивного забруднення, що оцінюється, а також варіацій умов і параметрів вимірювання, які описуються величинами коефіцієнтів зв'язку  $X$ . Вводячи для  $A$  і  $X$  відповідні розподіли  $p_A(x)$  і  $p_X(x)$ , для функції розподілу середнього значення  $\mu_E$  вимірюваного ефекту отримуємо

$$P_{\mu_E}(x) = \int_0^{+\infty} p_A(\xi) p_X(x/\xi) \frac{d\xi}{\xi} \quad (2)$$

Для водного середовища суттєво зростає роль міграційних процесів. Моделювання процесів міграції радіонуклідів розвивається за декількома напрямками. Один з них стосується статистичної теорії, кінцевим результатом якої є гаусові моделі розподілу (гаусів розподіл) суміші в потоці викиду, другий – пов'язаний з розв'язком диференціальних рівнянь переносу типу

$$\frac{\partial C}{\partial t} + \frac{\partial(u_i C)}{\partial x_i} = \frac{\partial}{\partial x_i} \left( D_i \frac{\partial C}{\partial x_i} \right) + \lambda C + \sum_j R_j \quad (3)$$

де  $C$  – концентрація радіонуклідів,  $x_i$  – координата,  $\lambda$  – константа розпаду,  $u_i$  – швидкість течії уздовж  $x_i$ ,  $D_i$  – ефективний дифузійний коефіцієнт,  $R_j$  – потужність джерел викиду.

У випадку стаціонарності потоку на великих відстанях від місця викиду для замулених у турбулентному потоці радіонуклідів розв'язок рівняння (3) при умові, що  $\sum R_j = 0$ , має вигляд:

$$C = C_0 e^{-\frac{x}{u}(b+\lambda)}, \quad (4)$$

де  $b = \frac{v_s^2}{D} u_x$  – константа осадження частинок,  $v_s$  – швидкість стоксової седиментації частинок.

Для визначення перерозподілу радіонуклідів в біосфері моделюється також міграція їх по біологічним та харчовим ланцюжкам. З цією метою використовують модель „хижак-жертва”, „камерні моделі” та інші.

Змінення функції розподілу, що досліджується, описується еволюційними рівняннями, наприклад, рівнянням Фоккера – Планка [9].

У ґрунтовому радіоекологічному моніторингу можна вважати, що ґрунт – це: 1) складна гранульована система, 2) неоднорідність радіаційного забруднення поверхні ґрунту пов'язана з нерівномірністю геохімічних ландшафтів (автономних ландшафтів, геохімічних бар'єрів і ін.).

Тоді, наприклад, для оптимізації процесів дезактивації і досягнення економічного ефекту за рахунок фрагментарної дії розглядається можливість використання методу діаграм Вороного. В рамках стереологічного аналізу розглянуто випадок двомірної системи дисків – фігур Вороного, при якому встановлені зв'язки між розподілами параметрів моделюючої функції і характеристиками структур, які спостерігаються в конфігураційному просторі [10]. Для апроксимації функції розподілу площ фігур Вороного використовується також класична теорія моментів [11].

## **2. Особливості освітньої системи підготовки фахівців у галузі захисту навколишнього середовища з врахуванням задач системної радіоекології.**

Метою підготовки фахівців у галузі захисту навколишнього середовища, здатних до побудови фізико-технічних концепцій, фізичних моделей, методів та засобів захисту довкілля, обумовлені особливості освітньої програми з ТЗНС:

- одне з центральних місць фізики та дисциплін радіоекологічного напрямку серед інших дисциплін освітньої програми;
- вивчення фізичних моделей систем довкілля (агрегатні, термодинамічні, суцільно-механічні, за характером – нелінійні, динамічні та стохастичні);
- акцент на фізичному характері зовнішнього впливу, який являє собою активні та пасивні фактори (радіаційне опромінювання, електромагнітне, акустичне, теплове випромінювання, шкідливі домішки);
- використання у навчанні статистичних методів.

Сучасні методи моделювання освітньої системи підготовки за європейськими стандартами [12] засновані на виділенні та класифікації основ-

них, загальних та професійних так званих компетентностей, досягнення яких ставиться за мету освітньої підготовки.

Для випадку освітньої програми підготовки фахівців у галузі захисту навколишнього середовища наявні особливості методологічних аспектів опису рівнів та оцінки якості освіти у термінології компетентностей та результатів навчання [13]. Вони полягають у превалюванні компетентностей, що мають фізичний зміст та забезпечують наповнення «ядра» освітньої програми фізичними принципами, методами та моделями. У кластері головних (нормативних) спеціалізовано-професійних компетентностей (КСП) вони складають 75%; у кластері варіативних КСП – 50%.

Основні компетентності КСП, що мають фізичне наповнення:

- здатність використовувати фізичні принципи в екології та закони теоретичного опису властивостей систем із складною морфологією, володіння методичною базою екологічної фізики, застосовуючи її до розв'язання задач захисту навколишнього середовища.
- здатність застосовувати теоретичні концепції, що базуються на досягненнях фундаментальних наук до моделювання динаміки станів систем довкілля, оцінки та прогнозування наслідків впливу зовнішніх факторів з метою вибору адекватних заходів убезпечення елементів довкілля. на основі знань статистичних законів виявляти негативний вплив зовнішніх збурень на об'єкти навколишнього середовища;
- здатність застосовувати методи статистичного аналізу до даних спостережень. Володіння методами статистичної фізики, молекулярної фізики та термодинаміки для опису та прогнозування міграції забруднюючих речовин у навколишньому середовищі;

Разом із компетентностями у методології освіти зараз використовують категорію «результати навчання». Відповідними до указаних компетентностей результатами є:

- вміти здійснювати фізичне моделювання кінетичних процесів у задачах довкілля, прогнозування характеру міграції забруднюючих речовин у біосфері;
- вміти визначати на основі знань статистичних розподілів характер, критерії та параметри перерозподілу шкідливих речовин в об'єктах навколишнього середовища та описувати їх динаміку.

Ці компетентності та результати навчання віддзеркалюють у тому числі важливу роль дисципліни «Спецрозділи радіоекології», яка включає в себе як питання моніторингу, так і радіоекології – системної та за галузями, в освітній підготовці фахівців за спеціальністю ТЗНС.

Питання системної радіоекології в освітній системі підготовки фахівців у галузі захисту навколишнього середовища тісно пов'язані з дисциплінами, які вивчають студенти на бакалаврському та магістерському рівнях - «Екологічна фізика», «Теоретичні основи фізики іонізуючого випромінювання», «Моделювання в задачах захисту довкілля», «Фізика складних, нелінійних, нерівноважних систем довкілля» «Методи математичної та теоретичної фізики в екологічних дослідженнях» та ін.

Зміст та назва дисциплін, підтверджує особливу роль фізики у формуванні фахівця, здатного вирішувати важливі екологічні задачі.

Мета цих дисциплін полягає у формуванні у студентів знань фізичних методів та засобів захисту об'єктів навколишнього середовища, здатності застосовувати для захисту екосистем адекватні до умов галузі сучасні технології.

На основі фундаментальних знань фізики студент отримує вміння та навички виявляти негативний вплив зовнішніх збурень на об'єкти довкілля, оцінювати небезпеку техногенних випромінювань та забруднюючих речовин.

**3. Моделювання спектрів гамма-випромінювання та використання віртуальної гамма-лабораторії GAMMALAB у навчальному процесі.** В останній час в Україні все більша увага приділяється задачам удосконалення системи контролю радіоактивних матеріалів, основні з яких:

- удосконалення гамма-спектрометричних методів контролю і аналізу речовини по радіонуклідному складу, які використовуються у таких галузях, як екологія та охорона навколишнього середовища, митний контроль, сертифікація продукції та т. ін.;
- навчання персоналу сучасним методам роботи із гамма-спектроскопічним обладнанням;
- моделювання спектрального розподілу джерел довільного радіонуклідного складу, трансформація спектра при взаємодії іонізуючого випромінювання з речовиною, перетворення спектра в апаратурний при реєстрації детектором.

Потужним методом у навчанні студентів у цьому напрямі на будь-якому етапі їх підготовки в ОДЕКУ є лабораторний практикум на комп'ютерній основі GAMMALAB, призначений для моделювання в реальному часі апаратурних гамма-спектрів напівпровідникових та сцинтиляційних детекторів під час вимірювань джерел довільного радіонуклідного складу.

Комплекс інтегровано до спектрометричного програмного забезпечення, яке постачається під маркою «ЛСРМ» - відомого виробника програмних продуктів у галузі спектрометрії [14].

GAMMALAB - програмний комплекс для емуляції апаратурних гамма-спектрів у реальному часі, який уявляє собою:

- гамма-спектрометричну лабораторію на комп'ютерній основі із віртуальними детекторами та джерелами;
- інтегрований у спектрометричне програмне забезпечення пакет “ЛСРМ”;
- може використовуватися при навчанні роботі із спектрометрії;
- може використовуватися для калібрування вимірювальної апаратури у тих випадках, коли атестовані джерела випромінювання відсутні;
- моделювання джерел довільного радіонуклідного складу.

Принципи моделювання спектрів та логіка побудови системи “ГАММА-ЛАБ” засновані на:

- відповідності між істинним та апаратурним спектрами, яка описується функцією відгуку  $K(E, E^1)$ , що дає імовірність того, що ядерна частинка з енергією  $E$  зареєструється приладом, як частинка з енергією  $E^1$ ;

- найбільш загальний зв'язок між істинним спектром, що описується функцією  $\varphi(E)$ , і апаратурним спектром  $\psi(E^1)$  дається інтегральним рівнянням Фредгольма 1-го роду:

$$\psi(E^1) = \int_0^{\infty} K(E, E^1) \cdot \varphi(E) dE, \quad (5)$$

- фізичний спектр віртуального джерела заданого радіонуклідного складу є суперпозицією спектрів моноліній у відповідності з інтенсивністю ліній випромінювання;
- моделювання гамма-спектрометричних вимірювань складається у розрахунках спектра випромінювання джерела, його перетворенні з урахуванням апаратних ефектів та передачі у зовнішню програму для обробки.

Приклади змодельованих апаратурних гамма-спектрів для різних за складом радіонуклідів наведені на рис. 1-2.

В Одеському державному екологічному університеті підготовка фахівців здійснюється по бакалаврському та магістерському рівнях вищої освіти. На обох рівнях особливістю навчання є наявність лабораторного практикуму, метою якого є придбання вмінь та навичок у роботі із радіоактивними ізотопами при вивченні роботи радіометрів, дозиметрів та визначенні за їх допомогою радіоактивності, доз або потужності доз випромінювання. До недавнього часу можливість опромінювання завжди ускладнювала процес навчання студентів. Однак у теперішній час є можливість запобігти цим труднощам шляхом використання віртуальних джерел іонізуючого випромінювання, або їх моделей.

Використання віртуальної лабораторії ГАММАЛАБ розпочинається на лабораторних заняттях з дисципліни «Радіоекологія». Перш за все – це знайомство з фізичними та апаратурними спектрами випромінювання радіоізотопів. При цьому вирішуються задачі:

- вивчення експериментальних методів визначення спектрів гамма-випромінювання та інтерпретація спектрів;
- знайомство з роботою детекторів іонізуючого випромінювання, принципом

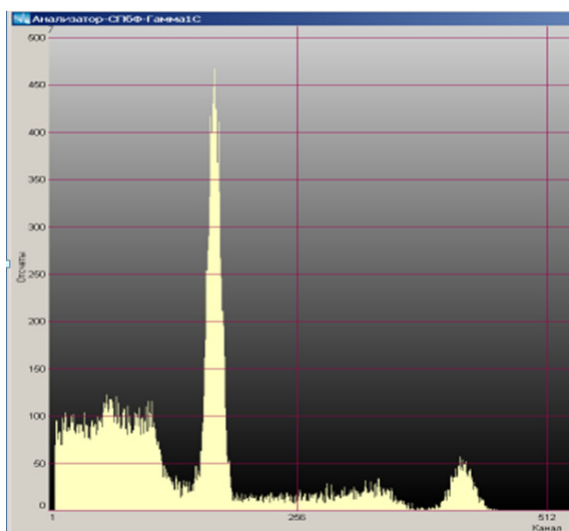


Рис.1. Спектр ізотопів I-125, U-230, Na-22

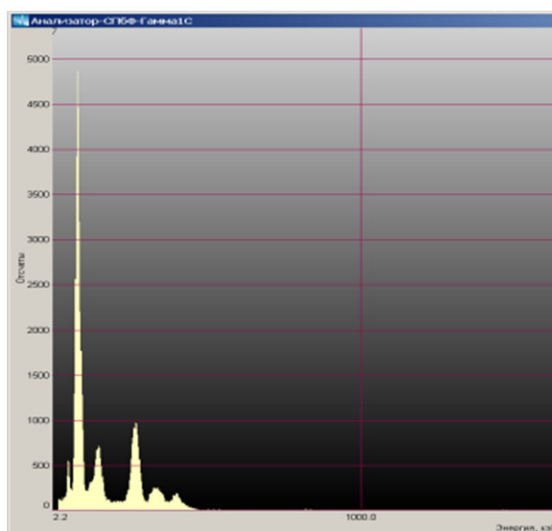


Рис.2. Спектр ізотопів Ra-222, Rn-220, K-40, Ra-223

роботи аналізатора імпульсів та правилами проведення вимірювань спектрів випромінювання при перегляданні відеофільмів реальної роботи з джерелами;

- вивчення загальної схеми і принципу роботи гамма-спектрометра.  
При вивченні розділу “Фізичні основи радіометрії та дозиметрії” в ході виконання лабораторних і практичних робіт та при проведенні навчальної практики розглядаються питання:

- ознайомлення із структурою програмного навчального комплексу ГАММА-ЛАБ та його можливостями;
- вивчення послідовності проведення його енергетичного калібрування;
- вивчення принципів визначення радіоактивності ізотопів по спектру випромінювання;
- вивчення процесу вимірювань гамма-фону;
- переглядання відеофільмів та виконання завдань із переліку програмного пакету ГАММАЛАБ.

У розділі “Спектроскопія іонізуючого випромінювання” дисципліни «Спецрозділи радіоекології» та в ході навчальної практики у магістрів – питання:

- калібрування гамма-спектрометра по ефективності реєстрації;
- створення шаблонів джерел випромінювання у програмному комплексі ГАММАЛАБ;
- визначення для них геометричного фактора;
- емуляція дій персоналу на робочому місці – переміщення детектора та джерела, керування параметрами спектрометра (вмикання, вимикання, подача високої напруги та ін.), робота із штатною програмою спектрометра;
- набір спектрів у режимі реального часу, їх обробка та аналіз;
- визначення фізичних характеристик джерела випромінювання – ідентифікація джерела, визначення радіоактивності;
- визначення ізотопного складу, ступеня збагачування урану та ін.

Використання віртуальної гамма-лабораторії GAMMALAB у дистанційній формі навчання передбачає створення та використання віртуальних джерел іонізуючого випромінювання, дозволяє удосконалити та розвинути методи дистанційної форми навчання, коли студенту поза межами навчального закладу потрібно отримати та засвоїти практичні знання та вміння при роботі із лабораторними приладами.

### **Перспективи використання лабораторії ГАММАЛАБ у навчальному процесі.**

- Підготовка дипломних проектів – наповнення програмного комплексу ГАММАЛАБ зовнішніми програмами (задачі дозиметрії, питання міграції радіонуклідів та ін.).
- Використання у навчальній практиці фахівців (бакалаврів та магістрів), які спеціалізуються у напряму захисту навколишнього середовища та вивчають радіоекологію.



- Навчання слухачів факультету післявузівської освіти у рамках підвищення кваліфікації, наприклад по митному радіоекологічному контролю.
- Використання у задачах тестування програмного забезпечення та методик вимірювання у всіх випадках, коли атестовані джерела випромінювання із заданими властивостями (фізико-хімічними характеристиками, радіонуклідним складом, розмірами та ін.) відсутні.

**Висновки.** Розглянуті особливості освітньої системи підготовки фахівців у галузі захисту навколишнього середовища, які полягають у врахуванні задач фізики аеродисперсних систем, системної радіоекології та радіаційного моніторингу.

Використання віртуальної гамма-лабораторії GAMMALAB у наукових дослідженнях та викладанні системної радіоекології дозволяє:

- вирішувати задачі моделювання джерел довільного радіонуклідного складу, їх апаратурних гамма-спектрів;
- удосконалювати методи дистанційної форми навчання.

### Література:

1. Спиридонов С.И. Системная радиоэкология. Моделирование экологических процессов и оценка радиационных рисков. // Радиационная биология. Радиоэкология. – 2009. – Том 49, № 3. – С.346-354.
2. *Алексахин. Р.М., Спиридонов С.И., Спирин Е.В.* Интегральные показатели радиационного воздействия предприятий открытого и замкнутого ядерных топливных циклов на окружающую среду «XLIII Радиоэкологические чтения В.М. Ключковского» // Радиационная биология. Радиоэкология. – 2015. – Том 55, № 3. – С.333-334
3. *Спиридонов С.И.* Перспективы системной радиоэкологии в решении инновационных задач ядерной энергетики // Радиационная биология. Радиоэкология. – 2014. – Том 54, № 4. – С.415-422.
4. *Герасимов О.И.* Радіоекологія за галузями. Підручник/ОДЕКУ. – Одеса: ТЕС, 2016. –100 с.
5. Норми радіаційної безпеки України. (НРБУ-97), Державні гігієнічні нормативи. – К.: Відділ Поліграфії Українського центру держсанепіднагляду МОЗ України, 1997. – 121 с.
6. *Гусев Н.Г., Беляев В.А.* Радиоактивные выбросы в биосфере. Справочник. 2-е изд. перераб. и дополн. – М.: Энергоиздат, 1991.– 256 с.
7. Хмельницкая АЭС. Данные для проведения оценки воздействия на окружающую среду. УККЕ00001У
8. *Бруязкий Е.В.* Теория атмосферной диффузии радиоактивных выбросов. – Киев: Институт гидромеханики НАН Украины, 2000. – 443 с
9. *Худсон Д.* Статистика для физиков. М.: Мир, 1967. – 243 с.
10. *Герасимов О.И., Сомов М.М.* Стереологічний аналіз локальної структури гранульованих матеріалів (Метод Вороного) // Вісник ОДЕКУ. – 2011. – Вип. 12. – С. 215-219

11. Герасимов О. І., Худинцев М.М. Побудови Вороного та класична теорія моментів у застосуванні до параметризації структури гранульованих матеріалів // Вісник ОДЕКУ. – 2015. – №19. – С. 170-174
12. Ключевые ориентиры для разработки и реализации образовательных программ в предметной области «Инженерная защита окружающей среды». Под редакцией: Дюкарев И. и др.: Университет Деусто Бильбао, 2013. – 86 с.
13. [odeku.edu.ua](http://odeku.edu.ua). Освітні програми/ [www.library - odeku.16mb.com](http://www.library-odeku.16mb.com) Освітньо-професійна програма підготовки бакалаврів за спеціальністю 183 «Технології захисту навколишнього середовища»
14. Пакет программ LSRM-2000. Руководство пользователя.–Менделеево Московской обл.: ГП “ВНИИФТРИ”, ООО “ЛСРМ”, <http://www.lsrn.ru>.

***Andrianova I.S., Gerasimov O.I., Kuryatnikov V.V., Spivak A.Ya.***

### **Conceptual issues of professional education of specialists in the "Environmental Protection Technologies"**

#### SUMMARY

*Composing the programs for the education of specialists in the field of environmental protection requires clear ideas about the concepts, place of basic disciplines and the main issues of the future specialty. Peculiarities of methodological aspects of description of levels and assessment of quality of education in terminology of competences and learning outcomes are considered. They consist in the predominance of competencies, that have a physical meaning and ensure the filling of the "core" of the educational program with physical principles, methods and models.*

*The study of polluting processes in natural objects requires knowledge of the physics of aerodisperse systems in connection with the solution of aerosol emissions into the atmosphere, knowledge of the physics of the dispersible silt-covered upcasts into the aquatic environment, knowledge and understanding of physical phenomena of heat and mass transfer processes in soil, as in the granular system, knowledge of the physics of external radiation, including sound, heat, electromagnetic, in particular, ionizing radiation, and their impact on the environment.*

*Peculiarities of the educational system of training specialists in the field of environmental protection take into account the tasks of systemic radioecology, among which the tasks of radiation monitoring are especially important. The conceptual approach to the study of radioecology is proposed not as a whole, mixing the laws of physics, chemistry and, for example, biology, but by individual branches, and systematically.*

**Keywords:** *system radioecology, physics of dispersed systems, granular systems.*