

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО НАВЧАЛЬНОЇ ТА ВИРОБНИЧОЇ  
П Р А К Т И К**

студентів спеціальності 183 «Технології захисту навколишнього  
середовища»

Рівень вищої освіти – магістр

Одеса 2022

Методичні вказівки до навчальної та виробничої практик студентів спеціальності 183 «Технології захисту навколишнього середовища». Рівень вищої освіти – магістр. Міністерство освіти і науки України, ОДЕКУ. Одеса, 2022р. с.50

Укладачі: Герасимов О.І., проф., д-р фіз.-мат. наук; Курятников В.В., доцент, канд. фіз.-мат. наук; Співак А.Я., ст. викл., канд. фіз.-мат. наук; Кільян А.М., асистент.

**Затверджено**  
на засіданні робочої групи спеціальності 183 Технології захисту навколишнього середовища

**Затверджено**  
на засіданні кафедри загальної і теоретичної фізики

## ЗМІСТ

1. Вступ . . . . .	4
2. Програми окремих видів практики . . . . .	4
2.1 Навчальна практика за спеціальністю . . . . .	5
2.2 Виробнича практика . . . . .	43

## 1. Вступ

Методичні вказівки є допоміжним навчально-методичним документом, при проведенні навчальних і виробничих практик за спеціальністю 183 «Технології захисту навколишнього середовища». Вони забезпечують єдиний комплексний підхід до організації навчальної та виробничої практичної підготовки, системності та неперервності навчання студентів.

Дані методичні вказівки пропонуються студентам для вивчення на рівні вищої освіти «магістр».

Навчальний план підготовки магістрів включає наступні види практик.

### **Навчальна за спеціальністю, виробнича практики по семестрам (обсяг в днях).**

№ п/п	Назва практики	СЕМЕСТРИ		
		1	2	3
1	Навчальна практика за спеціальністю		12 днів	
2	Виробнича практика			24дні(4 тижні)

## 2.Програми окремих видів практик

Практики (навчальна практики за спеціальністю та виробнича практика) за спеціальністю 183 “Технології захисту навколишнього середовища” призначені для закріплення теоретичних знань та формування у студентів-магістрів професійних вмінь, навичок приймати самостійні рішення у реальних виробничих умовах при виконанні різних обов'язків, властивих майбутній професійній діяльності.

**Бази навчальної та виробничої практик:**

1) Одеське відділення підприємства «Енергоатом» України; 2) Одеське відділення служби метрології України; 3) Товариство «Центр екологічної безпеки» (м.Одеса); 4) Експериментальна лабораторія радіометрії та дозиметрії Експериментального центру ГП «Одесастандартметрологія»; 5) Підприємства та служби з експлуатації телекомунікаційних мереж, м. Одеса; 6) Лабораторії кафедри загальної та теоретичної фізики ОДЕКУ; 7) За ініціативою студентів, що мають відповідні запрошення на проходження виробничої практики; 8) здобувачі вищої освіти мають можливість вибору бази виробничої практики.

## 2.1 НАВЧАЛЬНА ПРАКТИКА ЗА СПЕЦІАЛЬНІСТЮ

### 2.1.1 Вступ

#### Мета та завдання практики.

Метою практики є набуття студентами – магістрами практичних навиків з питань технологій захисту навколишнього середовища, необхідних для здійснення оцінок, моніторингу та прогнозування наслідків забруднення природного середовища, формування здатності застосовувати для захисту екосистем адекватні до умов галузі сучасні технології.

Задача практики – закріплення теоретичного матеріалу, засвоєння методів дослідження забруднення атмосферного повітря, поверхневих вод та ґрунтів, вплив енергетичного випромінювання на речовину, зокрема, на біологічні об'єкти, моделювання процесів поширення екологічного забруднення.

В результаті проходження практики студент повинен:

#### **Знати:**

- фізичні основи, моделі та підходи до організації захисту природних екосистем від впливу зовнішніх збурень;
- методи захисту навколишнього середовища від шкідливих зовнішніх збурень, зокрема, теплових, звукових, електромагнітних та іонізуючих випромінювань;
- знання засобів та фізичних методів захисту інформаційних та інформаційно-комунікаційних систем (ІКС) та інфо-комунікаційних мереж (ІКМ);
- на основі фундаментальних знань фізики виявляти негативний вплив зовнішніх збурень на об'єкти навколишнього середовища, оцінювати екологічну небезпеку техногенних випромінювань та забруднюючих природне середовище речовин.

#### **Вміти:**

- визначення рівня забруднення навколишнього середовища;
- застосовувати адекватні до умов галузі використання сучасні технології очищення атмосферного повітря, водних об'єктів та ґрунтів;
- планувати, організувати та застосовувати заходи захисту від акустичних, теплових та електромагнітних випромінювань, заходи захисту від радіації;
- запроваджувати систему захисту ІКС та ІКМ від зовнішніх, у тому числі електромагнітних випромінювань;

Основні **компетенції**, які забор'язаний мати магістр спеціальності 183 «Технології захисту навколишнього середовища» (шифри основних загальних і фахових компетенцій в ОПП магістрів в ОДЕКУ та назва):

**Загальні компетентності: ЗК01.** Здатність застосовувати знання в практичних ситуаціях.

**Спеціальні (фахові, за стандартом) компетентності: СК01.**  
Здатність використовувати науково-обґрунтовані методи обробки результатів досліджень в галузі технологій захисту навколишнього середовища.

**Спеціальні (фахові, за програмою ОПП): СК-07 - СК-10.**  
Здатність застосовувати реабілітаційні та профілактичні заходи при ліквідації наслідків екологічного забруднення.

**Результати навчання:**

**ПР01.** Аналізувати складні системи, розуміти їх взаємозв'язки та організаційну структуру.

**ПР-15** Застосовувати профілактичні заходи для захисту навколишнього середовища, зокрема, здатність застосовувати реабілітаційні заходи при ліквідації наслідків екологічного забруднення, методи дезактивації радіаційно-забруднених об'єктів.

**ПР-16** Здатність здійснювати фізичні вимірювання характеристик за-бруднених об'єктів навколиш- нього середовища.

**ПР-17** Знання та розуміння фізичних явищ: наведена активність, ра- діаційно-хімічні та фізико- механічні ефекти дії радіації, процесів взаємодії іонізуючого випромінювання із речовиною в задачах схову та утилізації радіоактивних відходів.

**ПР-18** Здатність використовувати теорію фізичних процесів в геосферах та методи нелінійного аналізу при побудові моделі складних нерівноважних, нелінійних процесів у задачах захисту навколишнього середовища.

**2.1.2 Зміст навчальної практики за спеціальністю.**

Під час практики студенти придбають навички з питань “Технологій захисту навколишнього середовища”, де розглядаються фізичні основи, моделі та підходи до організації захисту природних екосистем від впливу зовнішніх збурень;

Об'єктами дослідження виступають процеси забруднення довкілля, кінетичні властивості міграції шкідливих домішок у природному середовищі, зокрема в водних екосистемах, небезпечні випромінювання – теплові, електромагнітні, радіація та ін..

**Календарний план**

№ п/п	Вид роботи	Кількість днів
1	Інструктаж з техніки безпеки та охорони праці	0,2
2	Методи контролю забруднення атмосферного повітря	1.8

3	Теоретичні методи оцінки забруднення водних середовищ, ґрунтів, рослинних масивів та штучних конструкцій (будівель)	2
4	Використання географічних інформаційних систем (баз даних) для контролю екологічної обстановки	2
5	Ознайомлення з загальними методами визначення радіації, доз випромінювання, дезактивації, реабілітації забруднених об'єктів	2
6	Ознайомлення з біологічними наслідками дії радіаційного опромінення (променева хвороба і т. д.)	1
7	Радіаційний стан на Україні за даними GIS та інформаційних повідомлень	1
8	Оформлення заключного звіту	1
9	Захист звіту	1
	Усього	12

### 2.1.2.1. Перше завдання

Інструктаж з техніки безпеки і охорони праці забезпечує викладач - керівник навчальної практики. Правила техніки безпеки та охорони праці згідно інструктажу наведені наприкінці даних методичних вказівок.

Магістри, які пройшли інструктаж з техніки безпеки і охорони праці залишають свій розпис у відповідному журналі з техніки безпеки. Свій розпис поруч ставить і викладач –керівник навчальною практикою.

### 2.1.2.2. Методичні вказівки до виконання другого завдання «Методи контролю забруднення атмосферного повітря»

**Теоретичні повчання** методів дослідження забруднення атмосферного повітря

#### МЕТОДИ ДІАГНОСТИКИ ЗАБРУДНЕННЯ

Забруднюванням навколишнього середовища можна назвати зміну якості середовища, яка здатна спричиняти негативні наслідки. Вважається, що однаково шкідливі речовини надають однакові негативні наслідки незалежно від їх походження. Методи діагностики атмосферного повітря відповідають типам забруднення повітря і можуть бути фізичними, хімічними, фізико-хімічними, мікробіологічними. Класифікація видів джерел забруднювання навколишнього середовища [1, 2]:

*Механічне* – забруднювання середовища агентами, які чинять лише механічну дію без хіміко-фізичних наслідків (наприклад, сміттям).

*Хімічне* – зміна хімічних властивостей середовища, які негативно впливають на екосистеми і технологічні прилади.

*Фізичне* – зміна фізичних параметрів середовища: температурно-енергетичних, хвильових, радіаційних та ін.

*Теплове* – підвищення температури середовища, головним чином у зв'язку з промисловими забрудненнями нагрітого повітря, газів і води які знищуються, може виникати як вторинний результат зміни хімічного складу середовища.

*Світлове* – порушення природної освітленості місцевості в результаті дії штучних джерел світла; може призводити до аномалій в житті тварин і рослин.

*Шумове* – збільшення інтенсивності шуму понад природний рівень; у людини призводить до підвищення втомленості, зниження розумової активності, а при досягненні 90-100 дБ – до послідовної втрати слуху.

*Електромагнітне* – зміна електромагнітних властивостей середовища (від ліній електропередач, радіо та телебачення, роботи деяких промислових установок) призводить до глобальних і місцевих географічних аномалій та змін в тонких біологічних структурах.

*Радіаційне* – перевищення природного рівня вмісту в середовищі радіоактивних речовин.

*Біологічне* – проникнення в екосистему та технологічні прилади видів тварин і рослин, які чужі даним суспільствам та пристроям.

*Біотичне* – розповсюдження визначених, як правило, небажаних з точки зору людей, біогенних речовин на території, де вони раніше не спостерігалися.

*Мікробіологічне* – поява надзвичайно великої кількості мікроорганізмів, пов'язана з їх масовим розмноженням на антропогенних субстратах або в середовищах, які змінилися під час діяльності людини; набуття раніше безпечною формою мікроорганізмів патогенних властивостей або можливості пригнічувати інші організми в співтовариствах.

Усі перераховані види джерел забруднюючих речовин взаємопов'язані, і кожен з них може стати поштовхом для виникнення інших видів забруднюючих речовин. Зокрема, хімічне забруднювання атмосфери може сприяти підвищенню вірусної активності, а отже, і біологічному забрудненню [1-5].

Існує верхня і нижня критичні межі параметрів довкілля, досягнення яких може призвести до безповоротних порушень у біологічній системі і в її окремих ланках. Деякі речовини (наприклад, більшість важких металів) в значних кількостях є сильними ядами, а в малих дозах вони потрібні, оскільки зменшення їх вмісту в організмі



людини нижче від критичної величини спричиняє важкі функціональні розлади.

Для оцінки забруднювання довкілля використовуються такі нормативи [1-5]: нормативи гранично допустимих концентрацій (ГДК) хімічних речовин, у тому числі радіоактивних, інших речовин і мікроорганізмів; нормативи, які встановлені відповідно до показників гранично допустимого вмісту хімічних речовин, у тому числі радіоактивних, інших речовин і мікроорганізмів в довкіллі і недотримання яких може призвести до забруднювання довкілля, деградації природних екологічних систем; нормативи допустимих фізичних дій; нормативи, які встановлені відповідно до рівнів допустимої дії фізичних чинників на середовище і при дотриманні яких забезпечуються нормативи якості довкілля.

Критеріями якості довкілля нині служать гранично допустимі концентрації (ГДК), що є гігієнічними нормами.

ГДКсс – гранично допустима середньодобова концентрація хімічної речовини в повітрі населених пунктів, мг/м<sup>3</sup>. ГДКсс не повинна впливати на людину при невизначено довгому (роки) вдиханні. Це основний норматив оцінки стану атмосферного повітря з санітарно-гігієнічної точки зору.

ГДКмр – гранично допустима максимальна разова концентрація хімічної речовини в повітрі населених пунктів, мг/м<sup>3</sup>. ГДКмр не повинна спричиняти рефлекторних (у тому числі субсенсорних) реакцій в організмі людини при вдиханні впродовж 30 хв. Цей показник встановлюється для речовин, що мають специфічну дію (наприклад, різким запахом) і може розглядатися як норматив, якщо його значення нижче, ніж ГДКсс.

Одним з чинників, що визначають якість природного середовища, є гранично допустимий викид (ГДВ) — науково-технічний норматив, встановлений при умові, що вміст забруднюючих речовин в приземному шарі атмосфери від джерела або їх сукупності, з урахуванням перспективи розвитку промислових підприємств, не перевищував би нормативів екологічної безпеки атмосферного повітря: гранично допустимих концентрацій забруднюючих речовин у атмосферному повітрі для людей і об'єктів навколишнього природного середовища [1, 2].

У повітря потрапляють аерозольні частинки (пил, дим, туман), гази, пари, а також мікроорганізми і радіоактивні речовини. Якість повітря погіршується також через присутність в повітрі носіїв неприємних запахів. Основними джерелами забруднювання зовнішнього повітряного середовища є: промислові підприємства; теплогенеруючі прилади; транспорт.

Практичне завдання:

**Задача 2.1** Знайти кількість дисперсних частинок  $N$  розміром  $d = 10^{-6}$  м густиною  $\rho = 2,7 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup> і концентрацією пилу  $C = 10^{-9}$  кг/м<sup>3</sup> в 1 м<sup>3</sup> повітря

**Розв'язання:**  $m_0 \cdot N = C$ , де  $m_0$  - маса однієї частинки

$$m_0 = \rho \frac{\pi d^3}{6}$$

$$m_0 = 2,7 \cdot 10^3 \cdot \frac{3,14}{6} \cdot 10^{-18}$$

$$m_0 = 1,4 \cdot 10^{-15} \text{ кг} \qquad N = \frac{C}{m_0}$$

**Відповідь:**  $N$  дорівнює  $0,7 \cdot 10^6$

### Задача 2.2

Визначити розмір дисперсних частинок при ефективності осадження їх 50% в пилоосаджувальній камері, якщо вона має довжину  $L = 10$  м, висоту  $H = 1$  м, ширину  $B = 2$  м. Витрата повітря через камеру  $V = 3600$  м<sup>3</sup> / год, щільність частинок  $\rho = 500$  кг / м<sup>3</sup>, в'язкість газу  $\mu = 18 \cdot 10^{-6}$  Па·с.

**Розв'язання:**

Знайдемо відносну швидкість осадження дисперсних частинок в осаджувальній камері з ефективністю 50 %:

$$w_{oc} = 1,5 \frac{H}{L} = 1,5 \frac{1}{10} = 0,15.$$

Знайдемо швидкість осадження дисперсних частинок  $(w_{oc})_{50}$

$$(w_{oc})_{50} = 0,075 \text{ м/с}$$

За знайденою швидкістю осадження, заданими густиною та в'язкістю газу визначимо розмір частинок, що осідають у камері при ефективності 50%:

$$d_{50} = \sqrt{\frac{18\mu w_{oc}}{g(\rho_k - \rho)}} = \sqrt{\frac{18 \cdot 10^{-6} \cdot 0,075}{10(500 - 1,25)}} = 7 \cdot 10^{-5} \text{ м} = 70 \text{ мкм.}$$

**Відповідь:** діаметр частинок дорівнює 70 мкм.

### Задача 2.3

Знайти концентрацію шкідливої речовини  $q$  в повітрі приміщення, якщо відомо, що кількість виділяються шкідливих речовин в приміщенні  $G = 0,5$  мг / м<sup>3</sup>, гранично допустима концентрація шкідливих речовин  $q_{пдк} = 2$  мг / м<sup>3</sup>, об'єм приміщення  $V_{п} = 300$  м<sup>3</sup>, а кратність повітрообміну  $K = 5$ .

Кратність повітрообміну  $K$  показує, скільки разів протягом години повітря в приміщенні повинен бути замінений повністю:

$$K = 3600 \frac{V}{V_{\pi}}, \text{ ч}^{-1}.$$

При цьому кількість повітря  $V$ , яке треба подати в приміщення для розведення шкідливих речовин до безпечних концентрацій, визначається за формулою

$$V = G / (q_{\text{пдк}} - q_0), \text{ м}^3/\text{с},$$

де  $G$  - кількість шкідливих речовин, що виділяються,  $\text{мг} / \text{с}$ ;  $q_{\text{пдк}}$  - гранично допустима концентрація,  $\text{мг} / \text{м}^3$ ;  $q$  - концентрація шкідливої речовини у вступнику повітрі,  $\text{мг} / \text{м}^3$  (не повинна перевищувати 30% від ГДК).

#### **Розв'язання:**

У випадках, коли кількість шкідливих речовин, у повітря приміщень важко визначити, допускається розраховувати кількість вентиляційного повітря по кратності повітрообміну, встановленого відомчими нормативними документами.

Знайдемо кількість повітря  $V$ , яке треба подати в приміщення для розведення шкідливих речовин до безпечних концентрацій

$$= \text{м}^3 / \text{с}$$

Концентрація шкідливої речовини у вступнику повітрі,  $\text{мг} / \text{м}^3$  дорівнює

$$q_0 = q_{\text{пдк}} - \frac{G}{V}$$

Підставивши чисельні значення, знайдемо  $q$

$$q_0 = 2 \text{ мг/м}^3 - \frac{0,5}{0,5} = 1 \text{ мг/м}^3 \quad (\text{див. додатки})$$

**Відповідь:** концентрація шкідливої речовини в повітрі приміщення  $q$  дорівнює  $1 \text{ мг} / \text{м}^3$ .

#### **Задача 2.4**

Знайти площу зони можливого хімічного зараження (ЗВХЗ) і час підходу хмари зараженого повітря до населеного пункту на відстані 15 км. в разі аварійного розливу аміаку в кількості 100 т. при швидкості вітру

3 м/с.

Площа ЗВХЗ визначається за формулою [1]:

$$S = \frac{\pi \Gamma^2}{360^0} \varphi, \text{ км}^2$$

де  $\Gamma$  - глибина зони зараження, км;  $\varphi$  - кутовий розмір зони зараження, град.

Час підходу зараженої хмари до об'єкта, розташованого на шляху його руху визначається за формулою:

$$t = \frac{X}{V}, \text{ ч}$$

де  $X$  - відстань від джерела зараження до об'єкта, км;  $V$  - швидкість переносу переднього фронту зараженого повітря, км / год.

Кутовий розмір зони зараження і швидкість переносу переднього фронту зараженого повітря знаходяться за допомогою таблиць 1-4 [1].

**Розв'язання:**

З таблиці 2 глибина зони зараження аміаком дорівнює  $\Gamma = 31,3$  км. За таблиці 3 знаходимо кутовий розмір зони зараження. Для швидкості вітру більше 2 м / с він дорівнює 45 градусів. Тоді площа ЗВХЗ дорівнює

$$S = \frac{3,14 \cdot 31,4^2}{360} 45 = 387 \text{ км}^2$$

Швидкість перенесення переднього фронту зараженого повітря знаходяться за допомогою таблиці 4. Для изотермии вона дорівнює 18 км / год. (див. додатки)

Тоді час підходу зараженої хмари до об'єкта, розташованого на шляху

його руху  $t = \frac{X}{V} = \frac{15}{18} = 0,83 \text{ ч.}$

**Відповідь:** час підходу зараженої хмари до об'єкта, розташованого на шляху його руху на відстані 15 км дорівнює 50 хв., А площа забруднення 387 км<sup>2</sup>.

**Задача 2.5**

Знайти швидкість  $W$  гравітаційного осадження дисперсної частинки діаметром  $d = 20$  мкм. в повітрі. Густина речовини частинки - 1 г / см<sup>3</sup>, абсолютна температура - 293 К, в'язкість повітря -  $1,82 \cdot 10^{-4}$  пуаз.

**Задача 2.6**

Знайти концентрацію шкідливої речовини  $q$  в повітрі приміщення, якщо відомо, що кількість виділяються шкідливих речовин в приміщенні  $G = 0,3$  мг / м<sup>3</sup>, гранично допустима концентрація шкідливих речовин  $Q_{\text{пдк}} = 2$  мг / м<sup>3</sup>, об'єм приміщення  $V_{\text{п}} = 500$  м<sup>3</sup>, а кратність повітрообміну  $K=5$ .

**Задача 2.7**

Знайти площу зони можливого хімічного зараження (ЗВХЗ) і час підходу хмари зараженого повітря до населеного пункту на відстані 10 км. в разі аварійного розливу аміаку в кількості 120 т. при швидкості вітру 3 м/с.

**Додатки до другого завдання:**

До виконання першого завдання «Методи контролю забруднення атмосферного повітря»:

Кількість повітря  $V$ , яку потрібно подати в приміщення для розбавлення шкідливих речовин до безпечних концентрацій, визначається по формулі

$$V = G / (q_{\text{пдк}} - q_0), \text{ м}^3/\text{с},$$

де  $G$  – кількість шкідливих речовин, що виділяються, мг/с;  $q_{\text{пдк}}$  – гранично допустима концентрація, мг/м<sup>3</sup>;  $q_0$  – концентрація шкідливих речовин у повітрі, що подається, мг/м<sup>3</sup> (не должна превышать 30% от ПДК).

У випадках, коли кількість шкідливих речовин у повітрі важко визначити, допускається розраховувати кількість вентиляційного повітря по кратності повітряного обміну  $K$ , що встановлена відомчими нормативними документами. Кратність  $K$  показує, скільки разів на протязі години повітря у приміщенні повино бути замінено повністю:

$$K = 3600 \frac{V}{V_{\text{п}}}, \text{ ч}^{-1},$$

де  $V$  – об'єм повітря для вентиляції, м<sup>3</sup>/с;  $V_{\text{п}}$  – об'єм приміщення, м<sup>3</sup>.

Табл.1. Характеристики аварійних хімічно небезпечних речовин для визначення глибини зони зараження  $\Gamma$ .

3.1. Характеристики АХОВ и вспомогательные коэффициенты для определения глубин зон заражения

Наименование АХОВ	Плотность АХОВ, т/м <sup>3</sup>		Температура АХОВ	Пороговая токсодоза	Значение вспомогательных коэффициентов									
	газ	жидкость			$K_1$	$K_2$	$K_3$	$K_7/K_7^*$						
								для -40°C	для -20°C	для 0°C	для 20°C	для 40°C		
1. Аммиак: хранение под давлением изотермическое хранение	0,0008	0,681	-33,42	15	0,18	0,025	0,04	0/0,9	0,3/1	0,6/1	1/1	1,4/1		
	–	0,681	-33,42	15	0,01	0,025	0,04	0/0,9	1/1	1/1	1/1	1/1		
2. Водород мышьяковистый	0,0035	1,64	-62,47	0,2	0,17	0,054	0,857	0,3/1	0,5/1	0,8/1	1/1	1,2/1		
3. Водород фтористый	–	0,989	19,52	4	0	0,028	0,15	0,1	0,2	0,5	1	1		
4. Водород хлористый	0,0016	1,191	-85,10	2	0,28	0,037	0,30	0,64/1	0,6/1	0,8/1	1/1	1,2/1		
5. Водород бромистый	0,0036	1,490	-66,77	2,4	0,13	0,055	6,0	0,2/1	0,5/1	0,8/1	1/1	1,2/1		
6. Метилламин	0,0014	0,699	-6,5	1,2	0,13	0,034	0,5	0/0,3	0/0,7	0,5/1	1/1	2,5/1		
7. Метил бромистый	–	1,732	3,6	1,2	0,04	0,039	0,5	0/0,2	0/0,4	0/0,9	1/1	2,3/1		

### 3.2. Значение глубины зоны возможного заражения АХОВ, км

Скорость ветра, м/с	Эквивалентное количество АХОВ $Q_e$ , т																	
	0,01	0,05	0,1	0,5	1	3	5	10	20	30	50	70	100	300	500	700	1000	2000
1	0,38	0,85	1,25	3,16	4,75	9,18	12,53	19,20	29,56	38,13	52,67	65,23	81,91	166	231	288	362	572
2	0,26	0,59	0,84	1,92	2,84	5,35	7,2	10,83	16,44	21,02	28,79	35,35	44,09	87,79	121	150	189	295
3	0,22	0,48	0,68	1,53	2,17	3,99	5,34	7,96	11,94	15,18	20,59	25,21	31,3	61,47	84,5	104	130	202
4	0,19	0,42	0,59	1,33	1,88	3,28	4,36	6,46	9,62	12,18	16,43	20,05	24,8	48,18	65,92	81,17	101	157
5	0,17	0,38	0,53	1,19	1,68	2,91	3,75	5,53	8,19	10,33	13,88	16,89	20,82	40,11	54,67	67,15	83,6	129
6	0,15	0,34	0,48	1,09	1,53	2,66	3,43	4,88	7,2	9,06	12,14	14,79	18,13	34,67	47,09	56,72	71,7	110
7	0,14	0,32	0,45	1,0	1,42	2,46	3,17	4,49	6,48	8,14	10,87	13,17	16,17	30,73	41,63	50,93	63,16	96,3
8	0,13	0,3	0,42	0,94	1,33	2,3	2,97	4,2	5,92	7,42	9,9	11,98	14,68	27,75	37,49	45,79	56,7	86,2
9	0,12	0,28	0,4	0,88	1,25	2,17	2,8	3,96	5,6	6,86	9,12	11,03	13,5	25,39	34,24	41,76	51,6	78,3
10	0,12	0,26	0,38	0,84	1,19	2,06	2,66	3,76	5,31	6,5	8,5	10,23	12,54	23,49	31,61	38,5	47,53	71,9

• *конвекция* – возникает обычно через 2 ч после восхода солнца и разрушается примерно за 2–2,5 ч до его захода. Она наблюдается в летние ясные дни. При конвекции нижние слои воздуха нагреты сильнее верхних, что способствует быстрому ассенированию заражённого воздуха и уменьшению его поражающего действия.

Степень вертикальной устойчивости воздуха определяется по табл. 3.3.

5. При заблаговременном прогнозировании рекомендуется принимать: количество выброшенного АХОВ – его содержание в максимальной по объёму единичной ёмкости (технологической, складской, транспортной и др.); метеосостояние

Таблица 3. Кутевой розмір зони зараження  $\varphi$

Швидкість вітру $U$ , м/с	Кутевий розмір зони зараження $\varphi$ , град.
Менше 0,5	360
0,6 – 1,0	180
1,1 – 2,0	90
Більше 2,0	45

Таблица 4. Швидкість переносу переднього фронту забрудненого повітря  $V$  в залежності від швидкості вітру  $U$ , м/с

Швидкість вітру $U$ , м/с	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Швидкість переносу $V$ , км/год	Інверсія														
	5	10	16	21											
	Ізотермія														
	6	12	18	24	29	35	41	47	53	59	65	71	76	82	88
Швидкість переносу $V$ , км/год	Конвекція														
	7	14	21	28											

## Експериментальна частина

### Вивчення броунівського руху оптичними методами.

Завдання: за допомогою оптичного мікроскопу МК-10 з 10-ти кратним збільшенням об'єктиву дослідити рух частинок диму у повітрі та перевірити виконання закону Ейнштейна

$$X = \sqrt{Dt},$$

де  $X$  – зміщення частинки,  $D$  – коефіцієнт дифузії,  $t$  – час, с

### Перелік навчальної літератури

1. Ветошкин А. Г., Таранцева К. Р. Технология защиты окружающей среды (теоретические основы): учебное пособие / Изд-во Пенз. технол. ин-та. Пенза, 2004. 246с.
2. Кузьмина Р. И. Техника защиты окружающей среды/ Издательство Саратовского университета. 2010. 105с.
3. Демина Т. А. Экология, природопользование, охрана окружающей среды: 3-е издание. /М.: Изд-во Аспект Пресс. 1996г. 143с.
4. Мудрак О.В. Вступ до фаху. Підручник для студентів напряму підготовки 6.040106 “Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування”. Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2011. 203с.
5. Снакин В.В. Экология и охрана природа: Словарь-справочник. /М. АКАДЕМІА, 2000 г. 17с.
6. Білявський Г.О., Падун М.М., Фурдуй Р.С. Основи загальної екології /К. Либідь, 1995. 368с.
7. Ветошкин А.Г. Процессы и аппараты пылеочистки. Учебное пособие. Пенза: Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2005. 210 с.
8. Герасимов О.І., Кільян А.М. Елементи фізики довкілля: Радіоекологія (конспект лекцій). Одеса: ОДЕКУ, 2003. 134с.
9. Герасимов О.І. Елементи фізики довкілля. Навчальний посібник. Одеса: ТЕС, 2004. 144с.
10. Герасимов О.І. Технології захисту навколишнього середовища: підручник / Одеськ. держ. еколог. ун-т. Одеса: ТЕС, 2019. 268 с.
11. Герасимов О.І. Теоретичні основи технологій захисту навколишнього середовища. Навчальний посібник. Одеса: ТЕС, 2018. 228с.
12. Репозитарій ОДЕКУ. URL: <http://eprints.library.odeku.edu.ua/>

### Питання для самоперевірки:

1. Апарати, у яких здійснюють процес абсорбції, називають  
А. циклони            Б. абсорбери  
В. сепаратори            Г. фільтр

2. Процес розкладу речовини під дією електричного струму при відсутності або недостатності кисню, називається

- А. електроліз      Б. піроліз  
В. радіоліз      Г. термоліз

3. Якими методами вимірюється температура атмосферного повітря?

- А. фізичні      Б. хімічні      В. фізико-хімічні      Г. біологічні

### 2.1.2.3. Методичні вказівки до виконання третього завдання

**Теоретичні повчання** «Теоретичні методи оцінки забруднення водних середовищ, ґрунтів, рослинних масивів та штучних конструкцій (будівель)»

У промисловості воду використовують як сировину і джерело енергії, як холодоагент, розчинник, екстрагент, для транспортування сировини і матеріалів. Воду, яка використовувалась у промисловості, розділяють на ту, що охолоджує, технологічну та енергетичну. У промисловості 65-80% води споживається для охолодження рідких і газоподібних продуктів в теплообмінних апаратах. У цих випадках вода не стикається з матеріальними потоками і не забруднюється, а лише нагрівається [6-8].

Технологічну воду підрозділяють на воду, яка утворюється в середовищі, промиваючу і реакційну. Воду, яка утворюється в середовищі, використовують для розчинення і утворення пульп, при збагаченні і переробці руди, гідротранспортуванні продуктів і відходів виробництва; промиваючу - для промивання газоподібних (абсорбція), рідких (екстракція) та твердих продуктів і виробів; реакційну - у складі реагентів, а також при відгоні і інших процесах. Технологічна вода безпосередньо контактує з середовищем. Енергетична вода споживається для отримання пари і нагрівання устаткування, приміщень, продуктів [1, 2, 6-7].

Для зменшення споживання свіжої води створюють зворотні і замкнуті системи водопостачання. При зворотньому водопостачанні передбачають необхідне очищення стічної води, охолодження зворотної води, обробку і повторне використання стічної води.

Для запобігання біологічного обростання апаратів і споруд в зворотній воді обмежується вміст органічних речовин і сполук біогенних елементів (азоту, фосфору), що є поживним середовищем для мікроорганізмів [1, 2].

*Стічна вода* - це вода, що була в побутовому, виробничому або сільськогосподарському вживанні, а також пройшла через забруднену територію [5].

*Господарсько-побутові води* - це стоки душових, пралень, їдалень, туалетів, від миття підлог та ін. [5].

*Атмосферні води* утворюються в результаті випадання



атмосферних опадів та стікають з територій підприємств. Вони забруднюються органічними і мінеральними речовинами. [5].

*Промислові стічні води* - це рідкі відходи, які виникають при добуванні та переробці органічної і неорганічної сировини [5].

Стічні води забруднені різними речовинами [1, 2]: 1) біологічно нестійкими органічними сполуками; 2) малотоксичними неорганічними солями; 3) нафтопродуктами; 4) біогенними сполуками; 5) речовинами із специфічними токсичними властивостями, а також важкими металами, біологічно жорсткими органічними синтетичними сполуками, що не розкладаються.

Залежно від фізичного стану фаз розрізняють такі рідкі неоднорідні системи [1]: суспензії, емульсії і піни.

*Суспензія* складається із рідини і завислих в ній твердих частинок. Залежно від розмірів частинок розрізняють грубі суспензії з частинками розміром  $> 100$  мкм, тонкі (0,5-100 мкм) і муті (0,1...0,5 мкм). Проміжне положення між суспензіями та істинними розчинами займають колоїдні розчини з розмірами частинок менше 0,1 мкм [1, 2, 5].

*Емульсія* складається з двох рідин, що не змішуються або частково змішуються, одна з яких розподілена в іншій у вигляді рідких крапель. Величина частинок дисперсної фази в емульсіях коливається в досить широких межах [1, 5].

*Піна* - система, що складається з рідини і розподілених в ній бульбашок газу.

Неоднорідні системи характеризуються масовим або об'ємним співвідношенням фаз і розмірами частинок дисперсної фази. Дисперсну фазу, що складається з частинок неоднакового розміру, заведено характеризувати фракційним або дисперсним складом, тобто відсотковим вмістом частинок різного розміру. Стічні води є полідисперсними гетерогенними (неоднорідні) агрегативно-нестійкими системами. В процесі осадження розмір, щільність, форма частинок, а також фізичні властивості частинок системи змінюються [1].

Властивості стічних вод відрізняються від властивостей чистої води. Вони мають більш високу густину і в'язкість [1, 2].

### **Класифікація промислових відходів**

Класифікація промислових відходів (ПВ), що утворюються в результаті виробничої діяльності людини, потрібна як засіб встановлення певних зв'язків між ними з метою визначення оптимальних шляхів використання або знешкодження відходів [6, 7].

Узагальнення і аналіз літературних даних показують, що класифікація ПВ ґрунтована на систематизації їх по галузях промисловості, можливостях переробки, агрегатному стані, токсичності і так далі. У кожному конкретному випадку характер класифікації, яка використовується, відповідає даним аспектам: складанню, очищенню,

переробці, похованню ПВ, відвертанню їх токсичної дії та ін. Кожна галузь промисловості має класифікацію власних відходів [8].

Класифікація відходів можлива за різними показниками, але найголовнішою з них є міра небезпеки для людського здоров'я. Шкідливими відходами, наприклад, вважаються інфекційні, токсичні і радіоактивні. Їх збір і ліквідація регламентуються спеціальними санітарними правилами [1].

Класифікація і загальні вимоги безпеки, усі ПВ діляться на чотири класи (Таблиця 1):

Таблиця 1

Клас небезпеки	Характеристики речовин (відходів)
Перший	Надзвичайно небезпечні
Другий	Ввисоко небезпечне/високо опасные
Третій	Вміру небезпечні
Четвертий	Мало небезпечні

Для прикладу можна навести клас небезпеки деяких хімічних речовин, який визначається розрахунковим методом:

- наявність у відходах ртуті, сулеми, хромокислого калію, трихлористої сурьми, бенз (а) пірена, оксиду миш'яку та інших високотоксичних речовин, дозволяє віднести їх до першого класу небезпеки;

- наявність у відходах хлористої міді, хлористого нікелю, трьохокисної сурьми, азотнокислого свинцю та інших, менш токсичних речовин дає можливість віднести ці відходи до другого класу небезпеки; наявність;

- наявність у відходах сірчаноокислої міді, щавлевокислої міді, хлористого нікелю, оксиду свинцю, чотирихлористого вуглецю та інших речовин дозволяє віднести їх до третього класу небезпеки;

- наявність у відходах сірчаноокислого марганцю, фосфатів, сірчаноокислого цинку, хлористого цинку дає основу віднести їх до четвертого класу небезпеки.

Належність до класу небезпеки інших за хімічним складом відходів можна визначити розрахунковим методом для цієї хімічної речовини в ґрунті, користуючись математичною формулою, довідковою літературою (фізико-хімічними константами, їх токсичністю та гігієнічними нормативами для хімічних речовин в ґрунті).

**Осадження** Осадженням називається поділ рідких неоднорідних систем шляхом виділення з рідкої фази твердих або рідких зважених частинок під дією сили тяжіння, відцентрової сили.

Осадження відстоюванням відбувається під дією сили тяжіння.

**Розрахунок відстійників.** Відстоювання стічних вод проводять в апаратах, так званих відстійниками або згущувачі. Розрізняють

горизонтальні, радіальні, вертикальні, трубчасті, пластинчасті відстійники з похилими перегородками. Горизонтальні відстійники являють собою прямокутні резервуари, що мають два або більше одночасно працюючих відділія. Вода рухається з одного кінця відстійника до іншого.

Глибина відстійника дорівнює 1,5 ... 4 м, довжина 12 ... 48 м, ширина каналу 3 ... 6 м. Горизонтальні відстійники застосовують при витраті стічної води понад 15000 м<sup>3</sup> / добу. Ефективність відстоювання досягає 60%.

Відстійники проектується в розрахунку на осадження найдрібніших частинок, що знаходяться в стічній воді. Тому час перебування стічної води в апараті має бути більше часу осадження крейданих частинок або в межі дорівнює часу, необхідному для обмеженого осадження частинки меншого розміру на дно апарату із заданою висоти.

Продуктивність відстійника по освітленій воді  $Q_{осв}$  (м<sup>3</sup> / с) Виражається рівнянням

$$Q_{осв} = v_n \cdot B \cdot H; \quad (2.4)$$

де  $v_n$  - швидкість потоку стічної води уздовж апарату, м / с;  $B$  - ширина відстойника, м;  $H$  - висота шару освітленої води, м.

Швидкість поділу неоднорідних систем в поле відцентрових сил вище в порівнянні зі швидкістю поділу цих систем в поле сили тяжіння. Відношення відцентрової сили до сили тяжіння можна зробити порівнянням прискорень частинки домішок в відцентровому і гравітаційном полях, тому що стосовно до частинки певної маси сили пропорційні прискоренням.

### **Практична частина**

#### **Розв'язання задач**

##### **Задача 3.1**

При відстоюванні стічних вод витрата їх складає понад 15000 м<sup>3</sup> / добу. Якою повинна бути глибина відстійника, якщо відомо, що швидкість потоку стічної води уздовж апарату дорівнює 0,5 м / с;  $B$  - ширина відстойника дорівнює 5 м, довжина каналу  $L= 50$  м.

#### **Розв'язання:**

Висоту шару освітленої води  $H$  можна визначити з формули

$$Q_{осв} = v_n \cdot B \cdot H,$$

$$Q_{осв} = \frac{15000}{604800} \cdot \frac{L}{v_n} = 2,5 \text{ м}^3 / \text{с}$$

$$H = \frac{Q_{осв}}{v_n B} = \frac{2,5}{0,5 \cdot 5} = 1 \text{ м}$$

Якщо глибина відстійника дорівнює 2 м, то ефективність відстоювання буде досягати лише  $\frac{1}{2}$ , тобто 50%.

**Відповідь:** висота шару освітленої води Н дорівнює 1 м.

### Задача 3.2

Частинки пилу малих розмірів беруть участь в броунівському русі -безладному хаотичному переміщенні частинок під дією ударів молекул.

Знайти коефіцієнт дифузії переміщення частинки в броунівському русі та відношення броунівського зміщення частинок до швидкості їх осадження за даними таблиці 1 у залежності від діаметру частинок.

Швидкості осадження і броунівського зміщення малих частинок

Таблиця 1

Діаметр частинок, $d_{ч}$ , мкм	Критерій Рейнольдса	Швидкість осадження, см/с	Броунівське зміщення за 1 с, см
20	13,2	1,2	$1,54 \cdot 10^{-4}$
6	0,366	0,11	$2,84 \cdot 10^{-4}$
2	$1,43 \cdot 10^{-2}$	$1,3 \cdot 10^{-2}$	$5,07 \cdot 10^{-4}$
0,6	$4,62 \cdot 10^{-2}$	$1,39 \cdot 10^{-3}$	$1,0 \cdot 10^{-3}$
0,2	$2,45 \cdot 10^{-5}$	$2,23 \cdot 10^{-4}$	$2,1 \cdot 10^{-3}$
0,06	$1,37 \cdot 10^{-6}$	$4,16 \cdot 10^{-5}$	$5,5 \cdot 10^{-3}$
0,02	$1,26 \cdot 10^{-7}$	$1,14 \cdot 10^{-5}$	$1,06 \cdot 10^{-2}$

Густина -  $1 \text{ г / см}^3$ , абсолютна температура - 293 К, в'язкість повітря -  $1,82 \cdot 10^{-4}$  пуаз.

### Розв'язання:

Відповідно до рівняння Ейнштейна переміщення частинки в броунівському русі  $\Delta x$ :

$$\Delta x = \sqrt{2DT_0}$$

де D - коефіцієнт дифузії частинки, що характеризує інтенсивність броунівського руху,  $\text{м}^2 / \text{с}$ ;  $T_0$  - час (с).

Чим менше розмір частинки, тим більшу роль в її переміщенні має броунівський рух.

Із зменшенням розміру частинок швидкість осадження різко знижується і зростає броунівське зміщення. Для частинок розміром 0,05 ... 0,02 мкм воно вже на два -три порядки перевищує шлях частинки при вільному падінні. Тому високодисперсні аерозольні частинки практично не осідають, а переміщуються при броунівському русі в будь-якому напрямку.

**Відповідь:** Для частинок розміром 0,05 ... 0,02 мкм броунівське зміщення на два -три порядки перевищує шлях частинки при вільному падінні.

**Задача 3.3** Кулька спливає з постійною швидкістю  $v$  в рідині, щільність якої в 4 рази більше площини матеріалу кульки. У скільки разів сила тертя  $F$ , що діє на спливаючу кульку, більше сили тяжіння  $mg$ , що діє на цю кульку?

**Розв'язання.** За другим законом Ньютона  $F_A - mg - F_{mp} = 0$  – (1), де

$$F_A = \rho_1 V g \text{ – (2); } m = \rho_2 V \text{ – (3). З (3) } V = \frac{m}{\rho_2}, \text{ тоді}$$

$$F_A = 4\rho_2 \frac{m}{\rho_2} g = 4mg \text{ – (4).}$$

Перетворюючи (1) за участю (4) отримаємо

$$F_{mp} = 3mg \text{ і}$$

або  $\frac{F_{mp}}{mg} = 3.$

**Відповідь:** 3.

**Задача 3.4** Сталева кулька падає в широкій посудині, наповненій трансформаторним маслом, щільність якого  $\rho = 0,9 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$  та динамічна в'язкість  $\eta = 0,8 \text{ Па} \cdot \text{с}$ . Вважаючи, що закон Стокса має місце при числі Рейнольдса  $Re \leq 0,5$  (якщо при обчисленні  $Re$  в якості величини  $D$  взяти діаметр кульки), знайти граничне значення діаметра  $D$  кульки.

**Розв'язання.** Оскільки кулька рухається рівномірно, тоді за другим законом Ньютона  $mg - F_A - F = 0$  – (1), де маса кульки

$$m = \rho_c V = \rho_c \frac{\pi d^3}{6} \text{ – (2); сила Архімеда } F_A = \rho_m V g = \rho_m \cdot g \frac{\pi d^3}{6} \text{ – (3); сила}$$

опору масла  $F = 3\pi\eta d v$  – (4) за законом Стокса. Підставляючи рівняння (2)-(4) в (1), після нескладних перетворень отримаємо

$$18\eta v = d^2 g (\rho_c - \rho_m), \text{ звідки } v = \frac{D^2 g (\rho_c - \rho_m)}{18\eta} \text{ – (5). Число Рейнольда}$$

визначається відношенням  $Re = \frac{Dv\rho_m}{\eta}$ . За умовою

$$Re \leq 0,5, \text{ тоді } \frac{Dv\rho_m}{\eta} \leq 0,5 \text{ або, з урахуванням (5), } \frac{D^3 g (\rho_c - \rho_m) \rho_m}{18\eta^2} \leq 0,5.$$

Звідси  $D \leq \sqrt[3]{\frac{0,5 \cdot 18\eta^2}{g\rho_m(\rho_c - \rho_m)}}$ . Граничний діаметр кульки  $D = 4,6 \text{ мм}$ .

**Відповідь:** 4,6 мм

**3.5** При відстоюванні стічних вод витрата їх складає  $25000 \text{ м}^3 / \text{добу}$ . Якою повинна бути глибина відстійника, якщо відомо, що швидкість потоку стічної води уздовж апарату дорівнює  $1 \text{ м} / \text{с}$ ;  $B$  - ширина відстойника дорівнює  $5 \text{ м}$ , довжина каналу  $L = 40 \text{ м}$ .

**3.6** Знезараження води після технологічного циклу здійснюється хлором. Визначити скільки води можна обробити світлом із довжиною хвилі  $400 \text{ нм}$ , щоб розірвати зв'язок  $\text{C1-C1}$ , якщо енергія її розриву  $E = 239\,000 \text{ Дж/моль}$ .

### **Експериментальна частина** **Лабораторна робота**

#### **Визначення в'язкості рідини за методом Стокса**

Завдання: за допомогою вертикально розташованої скляної труби з налитим в неї гліцерином та маленькими металевими кульками діаметром  $1\text{-}3 \text{ мм}$  визначити в'язкість гліцерину. Вимірювальні прилади: секундомір, мікромметр, лінійка. Кидаючи металеві кульки в гліцерин, визначити швидкість їх осідання. Перевірити, розраховуючи критерій Рейнольдса

$$\text{Re} = \frac{\rho v l}{\mu},$$

який має бути менше  $1$  для виконання ламінарності обтікання кульки, чи виконується ця умова. За законом Стокса

$$F_c = 6\pi\mu r v$$

обчислити в'язкість гліцерину.

#### **Перелік навчальної літератури**

1. Ветошкин А. Г., Таранцева К. Р. Технология защиты окружающей среды (теоретические основы): учебное пособие / Изд-во Пенз. технол. ин-та. Пенза, 2004. 246с.
2. Кузьмина Р. И. Техника защиты окружающей среды/ Издательство Саратовского университета. 2010. 105с.
3. Ветошкин А.Г. Процессы и аппараты пылеочистки. Учебное пособие. Пенза: Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2005. 210 с.
4. Герасимов О.І., Кільян А.М. Елементи фізики довкілля: Радіоекологія (конспект лекцій). Одеса: ОДЕКУ, 2003. 134с.
5. Герасимов О.І. Елементи фізики довкілля. Навчальний посібник. Одеса: ТЕС, 2004. 144с.
6. Герасимов О.І. Технології захисту навколишнього середовища: підручник / Одеськ. держ. еколог. ун-т. Одеса: ТЕС, 2019. 268 с.
7. Герасимов О.І. Теоретичні основи технологій захисту навколишнього середовища. Навчальний посібник. Одеса: ТЕС, 2018. 228с.
8. Репозитарій ОДЕКУ. URL: <http://eprints.library.odeku.edu.ua/>

### Питання для самоперевірки:

1. Для переробки твердих відходів використовують агрегати тонкого подрібнювання  
А. шарові барабанні млини, струминні млини, вібраційні дезінтегратори  
Б. абсорбери, адсорбери  
В. сепаратори, фільтри
2. Для реагентної обробки стічних вод використовуються мінеральні та органічні сполуки - коагулянти і флокулянти. Для цього застосовують  
А. мінеральні коагулянти: солі заліза, алюмінію  
Б. хлорне залізо, яке застосовують в поєднанні з вапном.  
В. синтетичні органічні флокулянти - лінійні, водорозчинні макромолекули  
Г. усе перелічене
3. Для роботи кульового барабанного млина ємністю 60 тон використовується коробка передач. У чому полягає золоте правило відповідності кількості зубів суміжних між собою шестерень  
А. кількість зубів суміжних між собою шестерень повинно бути кратним  
Б. кількість зубів суміжних між собою шестерень повинно бути некратним  
В. кількість зубів суміжних між собою шестерень може бути будь-яким
4. У системах очищення стічних вод дії застосовують центрифуги безперервної дії з шнекової вивантаженням осаду для поділу концентрованих суспензій з розміром частинок  
А. діаметром більше 10 мкм.  
Б. понад 100 мкм.  
В. понад 500 мкм.
5. У системах очищення стічних вод дії застосовують центрифуги періодичної дії при витратах суспензії менш 5м<sup>3</sup> /год в широкому діапазоні концентрацій з частинками  
А. діаметром більше 10 мкм.  
Б. для поділу концентрованих суспензій з розміром частинок понад 100 мкм.  
В. для поділу концентрованих суспензій з розміром частинок понад 200 мкм.

#### **2.1.2.4 Методичні вказівки до виконання четвертого завдання** **Теоретичні повчання «Використання географічних інформаційних систем (баз даних) для контролю екологічної обстановки»**

Окремим завдання практики є загальні методи моделювання, методи складання алгоритмів, програмування за цими алгоритмами,

програмуванням в інтегрованому пакеті MATLAB (або MATHEMATICA) як в операційній системі DOS, так і в WINDOWS.

Пропонується використати в задачах дослідження екологічної обстановки елементи геоінформаційних систем, зокрема бази даних, методи теоретичної побудови моделей у вигляді диференціальних рівнянь та їх систем. Вслід за цим питанням магістри мають засвоїти методи символного моделювання. Розбираючи на практиці останню тему, магістри мають чітко засвоїти методи теоретичної побудови моделей у вигляді диференціальних рівнянь та їх систем. Методи символного моделювання.

При розгляді цієї теми магістрам потрібно надати поняття фізичної та математичної моделей. Будь-який процес моделювання пов'язаний із виділенням якихось-то одних особливостей та нехтуванням іншими особливостями. Це певне спрощення реальних процесів, яке дозволяє застосувати відомі математичні прийоми для опису процесу та отримати результат розрахунків, який після обов'язково перевіряється дослідним шляхом, наприклад, за допомогою експерименту.

Фізичні моделі допомагають представити механізм процесу у вигляді спрощеної картинки, яку можна записати математично за допомогою диференціальних рівнянь.

Зазвичай природні процеси є нелінійними, тобто у рівняння входять нелінійні математичні функції, наприклад експоненти.

Питання моделювання має достатньо велику історію. Спочатку ці питання розбиралися математично у рамках теорії подібності, яка дозволила виявити певні закони та сформулювати основні правила та теореми, наприклад, теореми Кірпічова. Записані критеріальні відношення для основних фізичних процесів - гідродинамічних, теплових масообмінних та ін. Знайдені критерії цих процесів – Рейнольдса, Грасгофа, Нуссельта та багато інших.

Потрібно перелічити основні відомі фізичні моделі, наприклад, інерційної системи, модель ідеального газу, моделі атомного ядра та ін. Корисно згадати моделі, які у останні часи використовують для описання поведінки екологічних систем, серед яких – так звані камерні моделі, модель Лоткі - Вольтерра «хижак-жертва» та ін.

Досліджуючи геоінформаційні системи, магістрам корисно розглянути на базі сучасних знань термодинамічних процесів планети деякі сучасні практичні задачі розрахунку теплового балансу планети Земля. Чисельно підтвердити, або не підтвердити зростання температури у останні роки поверхневого шару Землі. Як приклад можна розглянути процеси таяння льодовиків, змінення озонового шару.



Для розв'язання диференціальних рівнянь, їх потрібно перетворити у звичайні не диференціальні, оскільки обчислювальна техніка може виконувати тільки дуже прості операції.

Чисельні методи розв'язання різних видів рівнянь - це алгоритми знаходження наближених (а іноді і точних) значень шуканого розв'язання.

Розв'язки алгебраїчних рівнянь мають при цьому вигляд значень аргументів, вичислених з певною мірою точності, а розв'язки диференціальних рівнянь у вигляді таблиці.

Чисельні методи застосовані до дуже широких класів рівнянь і усіх типів завдань для них.

Можна розглянути існуючі чисельні методи і показати у яких випадках застосовується той чи інший метод. Серед них методи ітерацій, різностних схем, метод трапецій, метод Рунге-Кутта та ін..

Методи розв'язання звичайних диференціальних рівнянь вимагають дотримання умови обумовленості, тобто малі зміни початкових умов не повинні призводити до значних змін інтегральних кривих - розв'язок має бути стійким.

Розв'язки систем лінійних рівнянь. Одним з найпоширеніших методів розв'язання систем лінійних рівнянь є метод виключення (Гауса).

У загальному випадку метою є відшукування цим методом розв'язання системи  $n$  неоднорідних рівнянь з  $n$  невідомими.

До уваги магістрів слід розглянути питання чисельного розв'язання задачі Коші та метод Ейлера. Для простоти викладу можна обмежитися розв'язанням задачі Коші. Простою чисельною схемою є метод Ейлера. Виведення методу Ейлера виходить з розкладання в ряд Тейлора функції  $u(x)$  (інтегральної кривої рівняння).

Слід розглянути на практиці метод Рунге-Кутти. Ідея методу ґрунтується на обчисленні наближеного рішення  $u_{i+1}$  у вузлі  $x_{i+1} = x_i + h$  у вигляді лінійної комбінації з постійними коефіцієнтами. Можна показати, що формула 1-го порядку в даному випадку співпадатиме з формулою Ейлера, який також називається методом Рунге-Кутта першого порядку.

## **Практична частина. Лабораторне завдання.**

### **Моделювання екологічних процесів. Розв'язання задач**

#### ***Повчання***

На навчальній практиці магістри мають достатньо вільно оволодіти отриманими знаннями, вміннями та навичками. Викладач також має оцінити загальну роботу магістрів на протязі усього семестру. Тому завдання, які мають виконувати магістри, не повинні спрощуватися. Серед таких завдань можна розібрати модель Лоренца, гідродинамічну модель дивного аттрактора та ін., наприклад, екологічні моделі, або

моделі захисту від небезпечних випромінювання. Корисно перед виконанням практичного завдання магістрам ознайомитися з фізичним змістом задач.

Крім того магістри мають ознайомитися при моделюванні з методами розпізнання образів.

Повний опис практичних робіт (теоретичний вступ; методика виконання роботи, завдання до виконання практичних робіт та порядок роботи, послідовність розрахунків та обчислення похибки наведені у відповідних методичних вказівках та конспектах, які має кафедра загальної та теоретичної фізики: [1], [2], [3], [4], [5].

Завдання до виконання практичних робіт та порядок роботи можна знайти на сайті кафедри загальної та теоретичної фізики у системі дистанційного навчання ОДЕКУ [6].

Завдання навчальної практики з цієї теми проводяться у комп'ютерному класі на базі кафедри загальної та теоретичної фізики.

Магістри мають вміти моделювати та розраховувати термодинамічні задачі тепло - масообміну природних систем.

#### **Задача 4.1**

Використовуючи методи моделювання записати алгоритм та розрахувати річну еквівалентну дозу  $H_T$  на організм дорослої людини, якщо об'єм споживання води складає 2 л на добу і об'ємна активність води зберігається на протязі року. Вода відбирається на відстані  $X=5$  км від місця викиду змуленого радіонукліда в річку. Активність радіонукліда на місці викиду дорівнює 500 Бк/л. Швидкість річки  $U=0,5$  М/с. Константа осадження частинок  $b=5 \cdot 10^{-5} c^{-1}$ , константа розпаду  $\lambda = 10^{-4} c^{-1}$ . Радіаційне забруднення питної води відповідає об'ємній активності  $A_v$ .

#### **Розв'язання:**

Радіаційна активність води пропорційна концентрації радіонукліда у воді. Тому на відстані  $X$  від місця викиду активність  $A$  води дорівнює

$$A = A_0 \cdot e^{-\frac{x}{u}(b+\lambda)} = 112 \cdot 10^3 \text{ Бк/м}^3$$

Активність води дорівнює 112 тисяч Бк/м<sup>3</sup>

Еквівалентна доза розраховується за формулою

$$H_T = A_v \cdot V_i \cdot v,$$

і дорівнює

$$H_T = 3,2 \cdot 10^{-6} \text{ Зв/рік.}$$

**Відповідь:** еквівалентна доза дорівнює  $3,2 \cdot 10^{-6}$  Зв/рік.

## Задача 4.2

### Моделювання за допомогою імовірнісних алгоритмів. Метод Монте-Карло.

Велика кількість задач довкілля має ймовірнісний характер. Навіть прогноз погоди, який роблять з дуже давніх часів має ту чи іншу ймовірність.

При розгляді найпростіших задач механіки ми бачимо прояву стохастичності. Наприклад, броунівський рух маленьких частинок диму обумовлений ймовірнісним характером зіткнень їх з молекулами газового середовища.

Магістри мали засвоїти поняття стохастичності, навчитися формулювати основні закони стохастичних систем, знати, що описують функції розподілу та ін..

Магістри мають застосовувати ці поняття та закони до розв'язання задач захисту довкілля.

При розгляді цієї теми, потрібно звернути увагу магістрів на ймовірнісні алгоритми, надати магістрам суть методу Монте-Карло.

Метод Монте-Карло — загальна назва групи числових методів, заснованих на одержанні великої кількості реалізацій стохастичного процесу, який формується у той спосіб, щоб його ймовірнісні характеристики збігалися з аналогічними величинами задачі, яку потрібно розв'язати.

Багато систем є складними для дослідження впливу невизначеності з використанням аналітичних методів. Проте ці системи можна досліджувати, якщо розглядати вхідні дані у вигляді випадкових змінних, повторюючи велику кількість обчислювань  $N$  (ітерацій) задля отримання результату з потрібною точністю.

Метод Монте-Карло — це метод імітації для приблизного відтворення реальних явищ. Він об'єднує аналіз чутливості (сприйнятливості) і аналіз розподілу ймовірностей вхідних змінних. Цей метод дає змогу побудувати модель, мінімізуючи дані.

Побудова моделі починається з визначення функціональних залежностей у реальній системі. Після чого отримують кількісний розв'язок, використовуючи теорію ймовірності й таблиці випадкових чисел.

## Задача 4.3

### Моделювання біфуркаційних процесів. Моделювання фракційних об'єктів та процесів.

При розгляді цієї теми магістрам потрібно надати поняття біфуркацій, фракційних об'єктів та процесів із участю таких об'єктів.

Потрібно роз'яснити, що природні процеси найчастіше описуються нелінійними рівняннями, які можуть мати декілька розв'язків, що

існують так звані точки біфуркації, які ще називають точками неповернення, оскільки вони пов'язані найчастіше з незворотними процесами.

Об'єкти, розмірність яких не може бути описаною цілочисельним масштабом мають назву фракталів. Потрібно навести приклади фрактальних природних об'єктів: хмари, дерева, беріг моря та ін..

У лекціях потрібно надати основні принципи та методи моделювання таких процесів та об'єктів.

#### **Задача 4.4**

#### **Методи стереологічного аналізу структури багатокomпонентних систем.**

Для опису структури складних систем - гранульованих матеріалів, запропонований топологічний метод використання діаграм Вороного. У випадку двовимірної системи встановлені зв'язки між розподілами параметрів моделюючих функцій та структурними характеристиками у конфігураційному просторі.

Корисно ознайомити магістрів з аналітичною формою розподілу площ фігур Вороного та детально проаналізувати поведінку її моментів, яка формується внаслідок структурних перетворень.

Різноманітність типів гранульованих матеріалів, які представлені в природі та використовуються у промисловості (пісок, гравій, ґрунти, будівельні, харчові, фармацевтичні матеріали у гранульованій формі та ін.), зумовлює важливість розуміння природи їх фізичних властивостей.

Завершуючи курс, викладач має надати магістрам методи графічного представлення результатів моделювання.

#### *ЛІТЕРАТУРА*

1. Герасимов О.І., Худинцев М.М. Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисциплін «Методи нелінійного аналізу та динамічні процеси у радіоекології», «Моделювання фізико-хімічних процесів у радіоекології». Одеса: ОДЕКУ, 2003. 29с.
2. Худинцев М.М. Моделювання фізико-хімічних процесів у радіоекології : Конспект лекцій. Одеса: ТЕС, 2009. 90с.
3. Герасимов О.І., Настасюк В.А. Основи екологічної фізики : Методичні вказівки до практичних робіт. Одеса: ОДЕКУ, 2003. 61с.
4. Худинцев М.М., Співак А.Я. Чисельне моделювання фізичних процесів. Конспект лекцій. Одеса: ОДЕКУ, 2014. 103с.
5. Курятников В.В., Співак А.Я., Кільян А.М. Фізичні основи радіометрії та дозиметрії : Збірник методичних вказівок до лабораторних робіт. Одеса: ОДЕКУ, 2008. 33с.
6. Репозитарій ОДЕКУ. URL: <http://eprints.library.odeku.edu.ua/>

7. Стратанович Р.Л. Неравновесная нелинейная термодинамика. М.: Наука, 1985. 479с.
8. Хакен Г. Синергетика. М.: Мир, 1980. 406с.
9. Боголюбов Н.Н., Митропольский Ю.А. Асимптотические методы в теории нелинейных колебаний. М.: Наука, 1974. 503с.

### *ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ*

1. Що являють собою методи стереологічного аналізу?
2. Що являє собою фігура Вороного?
3. Що називається триангуляцією Делоне?
4. Яку особливість має розподіл фігур Пуасона – Вороного для впорядкованих структур?
5. Як залежить дисперсія розподілу фігур Пуасона – Вороного від ступеня (радіуса) впорядкування структур?

#### **2.1.2.5 Методичні вказівки до виконання п'ятого завдання**

**Теоретичні повчання.** Ознайомлення з загальними методами визначення радіації, доз випромінювання, дезактивації, реабілітації забруднених об'єктів

*Радіація* - узагальнене поняття. Воно включає різні види випромінювань, частина яких зустрічається у природі, інші виходять штучним шляхом.

Перш за все слід розрізняти корпускулярне випромінювання, яке складається із частинок з масою відмінною від нуля, і електромагнітне випромінювання. Корпускулярне випромінювання може складатися як із заряджених, так і з нейтральних частинок. Розрізняють такі види корпускулярного випромінювання:

Альфа-випромінювання ( $\alpha$ -випромінювання) – це іонізуюче випромінювання, яке являє собою потік відносно важких частинок ядер гелію, які випускаються при радіоактивному розпаді елементів важче свинцю або утворюються в ядерних реакціях. Енергія частинок складає декілька мегаелектрон-вольт і різна для різних радіонуклідів. При цьому деякі радіонукліди випускають  $\alpha$ -частинки кількох енергій.

Бета-випромінювання ( $\beta$ -випромінювання) - це потік  $\beta$ -частинок (електронів або позитронів), які утворюються при  $\beta$ -розпаді різних елементів від найлегших (нейтронів) до найважчих.

Космічне випромінювання приходить на Землю з космосу. До його складу входять переважно протони і ядра гелію. Більш важкі елементи складають менше 1%. Проникаючи вглиб атмосфери, космічне випромінювання взаємодіє з ядрами, що входять до складу атмосфери, і утворюють потоки вторинних частинок (мезони, гамма-кванти, нейтрони).

Електромагнітне випромінювання має широкий спектр енергій і різні джерела: гамма-випромінювання атомних ядер і гальмівне випромінювання прискорених електронів, радіохвилі.

Заряджені частинки, проходячи через речовину, взаємодіють з електронними оболонками і ядрами атомів. Траєкторія важкої зарядженої частинки у речовині практично прямолінійна. Основними характеристиками важких заряджених частинок при проходженні у речовині є втрати енергії і повний пробіг до зупинки.

Загальні електромагнітні втрати енергії заряджених частинок складаються з іонізаційних втрат, радіаційних втрат, втрат на випромінювання та перехідне випромінювання.

Іонізаційні втрати – це втрати енергії зарядженої частинки, які пов'язані з порушенням та іонізацією атомів речовини. Питомі іонізаційні втрати називають гальмівною здатністю речовини. Це середня енергія, втрачена частинкою на одиницю довжини шляху. Питомі іонізаційні втрати можуть бути віднесені до величини  $\zeta = \chi\rho$ , де  $\rho$  – щільність середовища.

*Опромінення* – це вплив на людину чи будь-який об'єкт іонізуючого випромінювання.

*Зовнішнє опромінення* – опромінення тіла людини чи будь-якого живого об'єкта джерелами іонізуючих випромінювань, які знаходяться поза ним.

*Внутрішнє опромінення* – опромінення тіла людини чи будь-якого живого об'єкта, окремих органів та тканин від джерел іонізуючих випромінювань, що знаходяться в самому об'єкті.

В радіаційному захисті, радіоекології та радіобіології розрізняють п'ять основних видів доз іонізуючих випромінювань: експозиційну, поглинену, еквівалентну, ефективну і колективну.

Експозиційна доза фотонного випромінювання ( $D_{exp}$ ) є відношенням сумарного заряду усіх іонів одного знаку ( $dQ$ ), утворених у повітрі, коли всі електрони й позитрони, вивільнені фотонами в елементарному об'ємі повітря масою  $dm$ , повністю зупинилися в повітрі, до маси повітря в зазначеному об'ємі.

$$D_{exp} = dQ/dm$$

У системі СІ за одиницю експозиційної дози прийнято кулон на кілограм (Кл/кг; С/kg). Позасистемною одиницею експозиційної дози є рентген (Р; R):  $1 \text{ Р} = 2,58 \cdot 10^{-4} \text{ Кл/кг}$ .

*Рентген* – це така кількість іонізуючого випромінювання, яка утворює в  $1\text{ м}^3$  сухого повітря при нормальних умовах близько 2 млрд. пар іонів. Похідними від рентгена є 1 мілірентген (мР) =  $1 \cdot 10^{-3} \text{ Р}$  та 1 мікрорентген (мкР) =  $1 \cdot 10^{-6} \text{ Р}$ . Співвідношення між Кл/кг та рентгеном:  $1 \text{ Кл/кг} = 3876 \text{ Р}$  [34].

Експозиційна доза розраховується за формулою:

$$D_{\text{exp}} = \int_0^t P_{\text{exp}} dt$$

або

$$D_{\text{exp}} = P_{\text{exp}} t \text{ при } P_{\text{exp}}(t) = \text{Const},$$

де  $t$  – час опромінення.

В системі СІ за одиницю потужності експозиційної дози прийнято ампер на кілограм (А/кг). Позасистемною одиницею потужності експозиційної дози є рентген за секунду (Р/с):  $1 \text{ Р/с} = 2.58 \cdot 10^{-4} \text{ А/кг}$ ;  $1 \text{ Р/год} = 1000 \text{ мР/год} = 10^6 \text{ мкР/год}$ .

Потужність експозиційної дози фотонного випромінювання (Р) від точкового джерела даного радіонукліду пропорційна його активності А (мКі) і обернено пропорційна квадрату відстані від нього  $r$  (см):

$$P \approx A\Gamma / r^2$$

де  $\Gamma$  – повна гама-стала.

### Практична частина. Приклади розв'язання задач

#### Задача 5.1

Визначити початкову активність  $A_0$  радіоактивного препарату магнію  $^{27}_{12}\text{Mg}$  масою  $m = 0.2$  мкг, а також його активність  $A$  через 6 годин.

$$m = 0.2 \text{ мкг} = 2 \cdot 10^{-8} \text{ кг}$$

$$T_{1/2} = 10 \text{ хв} = 600 \text{ с}$$

$$T = 6 \text{ год} = 2.16 \cdot 10^4 \text{ с}$$

$$A_0 = ? \quad A = ?$$

#### Розв'язання:

Активність  $A$  ізотопу характеризує швидкість розпаду:

$$A = \lambda N_0 e^{-\lambda t}.$$

Для початкової активності  $t = 0$ , тобто  $A_0 = \lambda N_0$ .

$$\lambda = (\ln 2) / T_{1/2}.$$

Число радіоактивних ядер:  $N = m N_A / \mu$ ,  $N_A$  - число Авогадро,  $\mu$  - молярна маса. В таблицях знайдемо період напіврозпаду та молярну масу, таким чином отримаємо: початкова активність препарату

$$A_0 = \frac{m \cdot \ln 2 \cdot N_A}{\mu T_{1/2}};$$

його активність через час  $t$ :

$$A = \frac{m \cdot \ln 2 \cdot N_A}{\mu T_{1/2}} \exp\left(-\frac{\ln 2}{T_{1/2}} t\right);$$

$$\mu = 27 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}; \quad N_A = 6.02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}.$$

$$A_0 = \frac{2 \cdot 10^{-10} \cdot 0.693 \cdot 6.02 \cdot 10^{23}}{27 \cdot 10^{-3} \cdot 600} = 5.13 \cdot 10^{12} \text{ Бк.}$$

$$A_0 = \frac{2 \cdot 10^{-10} \cdot 0.693 \cdot 6.02 \cdot 10^{23}}{27 \cdot 10^{-3} \cdot 600} \exp(-0.693 \cdot 2.16 \cdot 10^4 / 600) = 81.3 \text{ Бк.}$$

**Відповідь:** початкова активність  $A_0$  дорівнює 81.3 Бк.

### Задача 5.2

Знайти питому активність радіоактивного ізотопу за даними значеннями періоду його напіврозпаду  $T_{1/2}$  (таблиця 3.1).

Таблиця 3.1

Варіант №	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ізотоп	Sr <sup>90</sup>	I <sup>131</sup>	Cs <sup>137</sup>	C <sup>14</sup>	Po <sup>210</sup>	Rn <sup>222</sup>	Ra <sup>226</sup>	U <sup>235</sup>	U <sup>238</sup>	Pu <sup>242</sup>
$T_{1/2}$	28 роки	8 діб	30 років	5730 років	138 діб	3,82 діб	1590 років	7,1·10 <sup>8</sup> років	4,5·10 <sup>9</sup> років	3,8·10 <sup>5</sup> років

### Розв'язання:

Період напіврозпаду  $T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$ ,

де  $\lambda$  - постійна розпаду.

Питома активність

$$q = \frac{a}{m},$$

де  $a$  - активність,  $m$  - маса ізотопу.

$$a = \lambda \cdot N,$$

де  $N$  – кількість радіоактивних ядер.

Звідси

$$q = \frac{\ln 2 \cdot N_A}{A \cdot T_{1/2}}.$$

де  $N_A$  - число Авогадро,  $q$  – питома активність,  $A$  – атомна маса  
Підставляючи в останню формулу значення періоду напіврозпаду, які наведені у таблиці, знаходимо питому активність.



### Задача 5.3

Визначити період напіврозпаду цезію 137 за даними вимірювання питомої активності ізотопів  $q$ , Бк/кг, яка дорівнює  $3,2 \cdot 10^{15}$  Бк/кг.

**Розв'язання:**

Період напіврозпаду визначається формулою 3.6

$$T_{1/2} = \frac{\ln 2 \cdot N}{a},$$

де  $N = N_A \cdot \frac{m}{M}$ ,

$N_A$  - число Авогадро,  $M$  - молярна маса.

Отже  $T_{1/2} = \frac{\ln 2 \cdot N_A}{M \cdot q} = 30$  років.

**Відповідь:** 30 років.

### Задача 5.4

Внаслідок радіоактивного розпаду уран 238 перетворюється в ізотоп свинцю 206. Скільки альфа- та бетта-розпадів відбувається при цьому?

**Розв'язання:**

Кількість альфа-розпадів дорівнює

$$n_\alpha = \frac{\Delta A}{4} = \frac{238 - 206}{4} = 8,$$

кількість бетта-розпадів дорівнює

$$n_\beta = 2n_\alpha - \Delta Z = 2 \cdot 8 - (92 - 82) = 6$$

**Відповідь:**  $n_\alpha = 8$ ,  $n_\beta = 6$ .

### Задача 5.5

Визначити еквівалентну дозу для дорослих і дітей, якщо в атмосферному повітрі була зареєстрована об'ємна активність  $100$  Бк/м<sup>3</sup>. Час перебування в зоні дорівнює 1 добу.

**Розв'язання:**

Дозовий коефіцієнт розраховується за формулою (4.4) і для повітря він дорівнює

$$B_{ih} = 0,33 \cdot 10^{-7} \text{ Зв/Бк.}$$

Швидкість споживання повітря  $V$  - це середня швидкість дихання. Для дорослих її вважають рівною  $23$  м<sup>3</sup>/добу; для дітей -  $13$  м<sup>3</sup>/добу, або  $8,4 \cdot 10^3$  і  $5,5 \cdot 10^3$  м<sup>3</sup>/рік відповідно.

Еквівалентна доза розраховується за формулою (4.3). Для дорослих вона дорівнює

$$H_T = 100 \cdot 0,33 \cdot 10^{-7} \cdot 23 = 0,08 \text{ мЗв,}$$

для дітей

$$H_T = 100 \cdot 0,33 \cdot 10^{-7} \cdot 13 \cdot 1 = 0,44 \text{ мЗв.}$$

**Відповідь:** Еквівалентна доза дорівнює 0,08 мЗв для дорослих і 0,44 мЗв для дітей.

### **Задача 5.6**

Радіаційне забруднення питної води відповідає об'ємній активності  $A_v = 370$  Бк/л. Розрахувати річну еквівалентну дозу  $H_T$  на організм дорослої людини, якщо об'єм споживання води складає 2 л на добу і об'ємна активність води зберігається на протязі року.

#### **Розв'язання:**

Дозовий коефіцієнт розраховується за формулою (4.4), і для води він дорівнює

$$B_{ig} = \Gamma Д / \Gamma Р П = 10^{-3} / 7,1 \cdot 10^4 = 1,4 \cdot 10^{-8} \text{ (Зв/Бк).}$$

Використовуючи значення дозового коефіцієнта та об'єм річного споживання води  $V = 2 \cdot 365 = 730$  л/рік =  $0,73 \text{ м}^3/\text{рік}$ , за формулою (4.3) отримаємо еквівалентну дозу

$$H_T = 370 \cdot 10^3 \cdot 1,4 \cdot 10^{-8} \cdot 0,73 = 3,7 \cdot 10^{-3} \text{ Зв/рік.}$$

**Відповідь:** еквівалентна доза дорівнює 3,7 мЗв/рік

## **Лабораторне завдання**

### **Вимірювання активності та питомої активності**

#### **5.7 Бета-радіометр РУБ-01П**

**Метою роботи** є вивчення роботи бета-радіометра РУБ-01П, калібрування приладу і визначення за допомогою бета-радіометра коефіцієнту поглинання бета-випромінювання різними речовинами.

Проходження бета-частинок через речовину супроводжується пружними і непружними співудараннями бета-частинок з ядрами і електронами середовища.

Пружне розсіяння на ядрах здійснюється при відносно низьких енергіях ( $E < 0,5 \text{ MeV}$ ) бета-частинок. При енергії бета-частинок більше енергії зв'язку електронів і до  $1 \text{ MeV}$  основним механізмом втрат енергії є непружне розсіяння на зв'язаних електронах, що веде до іонізації і збудження атомів речовини.

При великих енергіях бета-частинок головним механізмом втрат енергії є гальмове випромінювання у полі ядер речовини. Цей внесок зростає з збільшенням енергії бета-випромінювання.

Внаслідок цих механізмів інтенсивність бета-випромінювання зменшується з зростанням товщини шару речовини приблизно за експоненціальним законом.

Проходячи через речовину, пучок бета-частинок поступово ослаблюється і повністю поглинається шаром речовини певної товщини.

Ослаблення (поглинання) відбувається за експоненціальним законом:

$$N = N_0 \cdot e^{-kx}, \quad (5.1)$$

де  $N_0, N$  - кількість частинок (імпульсів), відповідно що зареєстровані приладом без поглиначів за час  $t$  і тих, що пройшли через шар речовини товщиною  $X$  і зафіксовані приладом за той же час;  
 $k$  - коефіцієнт поглинання.

Логарифмування виразу (7.1) дає

$$K = \frac{1}{x} \ln \frac{N_0}{N}. \quad (5.2)$$

Таким чином, для визначення коефіцієнту поглинання потрібно вимірити товщину  $x$  пластинки, що поглинає випромінювання, кількість  $N_0$  бета-частинок, що падають на пластинку, і кількість  $N$  частинок, що проходять через пластинку.

Рівняння для визначення коефіцієнту поглинання бета-частинок:

$$K = \frac{\ln N_1 - \ln N_2}{x_2 - x_1}, \quad (5.3)$$

де  $N_1$  і  $N_2$  - відповідно кількість частинок, що проходять через шар речовини товщиною  $x_1$  і  $x_2$ .

Бета-радіометр РУБ-01П призначений для виміру питомої і об'ємної активності бета-випромінюючих нуклідів у пробах природного середовища. Бета-радіометр може застосовуватися для комплексного санітарного контролю в лабораторних і польових умовах.

Принцип дії бета-радіометра заснований на перетворенні світлових спалахів у чуттєвому об'ємі детектора в імпульси струму.

### **Література до виконання роботи 5.7**

1. Курятников В.В., Кільян А.М. Радіоекологія : Методичні вказівки до лабораторних робіт. Одеса: ОДЕКУ, 2002. 35 с. (див. Лаб. роб.: Бета-радіометр РУБ-01П)

## **5.8 Робота 5.8 . Дозиметричні прилади. Вимірювання доз та потужності дози випромінювання.**

### **Радіометр - дозиметр гамма-бета випромінювань РКС-01 "СТОРА"**

#### **Дози і одиниці доз випромінювання.**

Для кількісної оцінки іонізуючого випромінювання існує поняття "доза". Розрізняють поглинуту, експозиційну та еквівалентну дози.

а) Поглинута доза  $D_p$  - це енергія, що поглинута одиницею маси речовини. Одиниця дози в системі SI - 1 Грей.

$$1 \text{ Гр} = \frac{1 \text{ Дж}}{1 \text{ кг}} .$$

Позасистемна одиниця поглинутої дози 1 рад. 1 Гр. = 100 рад.

б) Експозиційна доза  $X$  - це кількість заряду, що утворився в одиниці маси речовини при проходженні іонізуючого випромінювання. Одиниця експозиційної дози в системі SI - 1 Кл/кг, внесистемна одиниця - 1 Рентген.

$$1 \text{ Р} = 2,58 \cdot 10^{-4} \text{ Кл/кг} .$$

в) Еквівалентна доза  $H_T$  - це добуток поглинутої дози на коефіцієнт якості  $k$ , який показує у скільки разів біологічна дія даного випромінювання більша за дію рентгенівського. Одиниця дози в системі SI - 1 Зіверт.

$$1 \text{ Зв} = 100 \text{ бер} .$$

Еквівалентна доза

$$H_T = D_n \cdot k .$$

### **Призначення, принцип роботи і опис приладу РКС-01 "СТОРА"**

Радіометр - дозиметр гамма-бета випромінювань РКС-01 "СТОРА"

призначений для індивідуального та колективного користування при вимірюванні потужності експозиційної дози (ПЕД) гамма-випромінювання, а також щільності потоку бета-частинок. Дозиметр призначений для вимірювання фону в місцях проживання і праці населення, контролю радіаційної чистоти житлових та промислових приміщень, будівель та споруд, предметів побуду, одягу, території, що прилягає, ґрунту, транспортних засобів.

В основі роботи приладу лежить іонізаційний метод реєстрації ядерного випромінювання. В якості детектора в приладі використовується лічильник Гейгера-Мюлера.

### **ОСНОВНІ ТЕХНІЧНІ ВИМОГИ**

Діапазон вимірювання потужності експозиційної дози (ПЕД), мР/рік  
0,01-100;

Межа основної відносної похибки вимірювання ПЕД, що визначена за допомогою зразкового джерела Cs-137 при довірчій ймовірності 0,95, %  
±25;

Діапазон енергій гама-випромінювання, МеВ 0,05-3,0;

Діапазон вимірювання при щільності потоку бета-частинок,  
част/(хв см<sup>2</sup>) (20÷ 4)10<sup>3</sup>

## СТИСЛИЙ ОПИС РКС-01 "СТОРА"

Радіометр-дозиметр гамма-бетта випромінювань РКС-01 "СТОРА" являє собою малогабаритний переносний вимірювальний прилад, схемотехнічне рішення якого запатентовано в Україні (патент №1957 на винахід "Цифровий інтенсиметр"), номер у Держреєстр засобу вимірювань У720-96.

Дозиметр "СТОРА" з встановленим у ньому лічильником СБМ-20 дає можливість оцінити рівень гамма-фону і радіаційної чистоти житлових і виробничих приміщень, харчових продуктів, предметів побуту, поверхні ґрунту і т.д.

Питання підготовки радіометра-дозиметра до роботи, порядок роботи з радіометром-дозиметром наведені у методичних вказівках додаткової літератури до виконання цієї роботи.

### **Вправа: Вимірювання щільності потоку бета-частинок.**

Вимірювання щільності потоку бета-частинок здійснюються в тому ж порядку, як і вимірювання ПЕД. Вимірювання здійснюють двічі: один раз з відкритим отвором бета-екрану, а другий раз із закритим отвором. Результат вимірювання щільності потоку в одиницях «част./хв·см<sup>2</sup>» розраховується за формулою:

$$П = (P1 - P2) \cdot K,$$

де P1 (мР/год) - результати першого вимірювання (отвір бета-екрану відкритий);

P2 (мР/год) - результати другого вимірювання (отвір бета-екрану закритий),

K (част/хв \*см<sup>2</sup>) (мР/год) - калібрувальний коефіцієнт, значення якого визначається при перевірці (дорівнює 614.0).

Порядок роботи: В приладі передбачено режим автоматичного запуску лічення по закінченні попереднього інтервалу вимірювання. При цьому прилад буде на протязі 5 с висвічувати результат вимірювань.

### **Література до виконання роботи 5. 8.**

1. Курятников В.В., Кільян А.М. Радіоекологія : Методичні вказівки до лабораторних робіт. Одеса: ОДЕКУ, 2002. 35 с. (див. Лаб. роб.: Радіометр-дозиметр РКС-01 "СТОРА")

### **2.9 Робота 9. Вивчення роботи дозиметра- радіометра «ТЕРРА»**

Дозиметр-радіометр МКС-05 "ТЕРРА" призначений для вимірювання амбієнтного еквівалента дози (ЕД) і потужності амбієнтного еквівалента дози (ПЕД) рентгенівського випромінень (далі-фотонного випромінення), а також поверхневої густини потоку частинок бета-випромінення. Дозиметр використовується для екологічних досліджень; як наочне обладнання для закладів освіти, для дозиметричного і радіометричного контролю на промислових підприємствах; контролю радіаційної чистоти житлових приміщень,

будівель і споруд, території, що до них прилягає, предметів побуту, одягу, поверхні ґрунту на присадибних ділянках, транспортних засобів.

### ***Побудова дозиметра та принцип його роботи*** ***Конструкція дозиметра***

Дозиметр виконаний в плоскому прямокутному пластмасовому Корпусі. Корпус дозиметра (рисунок 1) складається з нижньої (1) та верхньої (2) накривок. У середній частині верхньої накривки (2) дозиметра розташовано РКІ (3), зліва і праворуч над нею - дві кнопки управління роботою дозиметра – ПОРІГ (4) і РЕЖИМ (5).



**Рисунок 1 - Зовнішній вигляд дозиметра (вид зверху)**

#### **Призначення:**

Вимірювання потужності еквівалентної дози (ПЕД) гамма – та рентгенівського випромінювань.

Вимірювання еквівалентної дози (ЕД) гамма - та рентгенівського випромінювань.

Вимірювання поверхневої щільності потоку бета-частинок.

Вимірювання часу накопичення еквівалентної дози.

Вимірювання реального часу (годинник).

#### **Особливості:**

Наявність п'яти незалежних вимірювальних каналів з почерговим виведенням інформації на один рідкокристалічний індикатор.

Вбудований гамма-, бета-чутливий лічильник Гейгера-Мюллера.

Оперативна оцінка гамма-фону протягом 10 секунд.

Автоматичне віднімання гамма-фону при вимірюванні бета-забрудненості.

Усереднення результатів вимірювань з можливістю ручного та автоматичного його переривання.

Автоматичний вибір інтервалів та діапазонів вимірювань.

Звукова сигналізація кожного зареєстрованого гамма-кванта чи бета-частинки з можливістю її відключення.

**Завдання:** Вимірити радіаційний фон за допомогою дозиметра.

#### *ЛІТЕРАТУРА*

1. Спеціальні розділи радіоекології (системної та за галузями) – ч. 2 Силлабус Герасимов О.І., Курятников В.В., Кільян А.М.
2. Курятников В.В., Кільян А.М. Радіоекологія : Методичні вказівки до лабораторних робіт. Одеса, ОДЕКУ, 2002, 35 с. (див. Лаб. роб.: Радіометр-дозиметр РКС-01 "СТОРА")
3. Курятников В.В., Співак А.Я., Кільян А.М. Фізичні основи радіометрії та дозиметрії : Збірник методичних вказівок до лабораторних робіт. Одеса: ОДЕКУ, 2008. 33с.
4. Репозитарій ОДЕКУ. URL: <http://eprints.library.odeku.edu.ua/>

#### *ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ*

1. В яких одиницях системи SI вимірюється активність радіоактивної речовини?
2. Як змінюється активність радіоактивної речовини за один період напіврозпаду?
3. У скільки разів біологічна еквівалентна доза кратна до поглинутої дози рентгенівського випромінювання?

#### **2.1.3 Індивідуальні завдання**

Індивідуальні завдання стосуються розгляду конкретних питань теми магістерської роботи студента із зазначеної спеціальності.

#### **2.1.4 Методичні рекомендації**

Методичне керівництво практикою здійснюється кафедрою загальної та теоретичної фізики ОДЕКУ, безпосередньо керівництво практикою здійснюють викладачі кафедри . тривалість навчальної практики – 2тижні. Обсяг практики визначає робоча програма.

Під час практики студенти знайомляться з методами екологічного контролю, теоретично ознайомлюються з загальними методами очистки, дезактивації забруднених об'єктів.

В характеристиці студента оцінюється ступінь готовності його до самостійної роботи, його трудова дисципліна. Навчальна практика по спеціальності оцінюється п'ятибальною системою з урахуванням відношення студента до роботи, змісту та оформлення звіту, участі в

громадському житті колективу.

### **2.1.5 Форми і методи контролю**

Контроль часу початку і закінчення роботи згідно з режимом праці. Контроль правила ведення записів. Для керівництва практикою за студентами закріплюється викладач – керівник практики, що веде щоденник практики, в якому відображає присутність студентів на практиці, стежить за виконанням правил техніки безпеки і участю студентів в роботах.

Наприкінці практики керівник здійснює усне опитування, згідно з цим зараховує практику чи не зараховує.

Звіт приймається після виконання всіх видів робіт та оформлення необхідних матеріалів.

Залік з практики приймається у студентів, які повністю виконали програму практики, та виводиться кожному студенту індивідуально, виходячи з відповідей на запитання при здачі заліку, ініціативи та трудової дисципліни за час проходження практики.

Оцінка виставляється якщо фактична сума балів набрана студентами не менше 60% від максимально можливої.

### **2.1.6. Вимоги до звіту**

**Звіт про навчальну практику повинен містити:**

- строки початку та кінця практики;
- перелік усіх видів доручених практиканту робіт;
- опис методик, використаних практикантом при виконанні завдань.

**До звіту повинні бути надані:**

- щоденник практики, який підписаний керівником;
- календарний план практики; характеристика практиканта, яка підписана керівником практики
- опис обладнання, устаткування та пристроїв, з якими ознайомився практикант під час практики;
- опис експериментальних та діагностичних методів, методів обробки інформації, що використовувалась студентом у роботі;
- оброблені результати роботи з приведенням таблиць, графіків та висновків щодо оцінок забруднення навколишнього середовища.

Звіт приймається після виконання всіх видів робіт та оформлення необхідних матеріалів.

Після відповідної перевірки викладачем кафедри звіт про практику за фахом захищається перед комісією, призначеною завідуючим кафедрою.

В звіті по практиці необхідно включити розділ по охороні праці, у якому потрібно охарактеризувати наступне:

а) структуру служби охорони праці у навчальному закладі або на



підприємстві, де відбувалася навчальна практика:

б) для дільниці з шкідливим виробничим фактором розробити паспорти санітарно-технічного стану, де відобразити особливі умови праці.

#### **До обов'язків практиканта належать:**

1. Суворе дотримання строків проходження навчальної практики.
2. Виконання усіх правил техніки безпеки та правил внутрішнього розкладу підрозділу, де відбувається практика.
3. Виконання календарного плану та систематичне ведення щоденника практики.
4. Складання та оформлення звіту про навчальну практику.

Наприкінці практики керівник здійснює усне опитування і згідно з цим зараховує чи незараховує практику.

Звіт приймається після виконання всіх видів робіт та оформлення необхідних матеріалів.

Залік з практики приймається у студентів, які повністю виконали програму практики, та виводиться кожному студентові індивідуально, виходячи з відповідей на запитання при здачі заліку, ініціативи та трудової дисципліни за час проходження практики.

#### **Правила техніки безпеки та охорони праці**

Згідно існуючих нормативних документів, зокрема "Положення про організацію роботи з охорони праці учасників навчально-виховного процесу в установах і закладах освіти", затвердженого наказом Міністерства освіти і науки України №563 від 01.08.2001р., в навчальній лабораторії університету розроблені та діють правила техніки безпеки та охорони праці, які доводяться до студентів перед початком проведення лабораторних занять.

Перед початком першого заняття викладач, що веде лабораторні заняття дає студентам інструктаж з правил охорони праці та оформлює його підсумки у відповідному журналі.

Студентам перед початком лабораторних робіт потрібно розписатися в журналі під тим, що з правилами поведінки і техніки безпеки в лабораторії вони ознайомилися і зобов'язуються їх виконувати.

Студенти, що порушують правила техніки безпеки і правила поведінки в лабораторії, звільняються від виконання робіт.

Особливості техніки безпеки в лабораторії пов'язані з наявністю джерел напруги. В зв'язку з цим основні правила роботи, які потрібно виконувати:

1. Перед включенням приладів потрібно перевірити справність електричної схеми. Встановити ручки регуляторів напруги в нульове положення.
2. Після включення у розетку вилки приладу потрібно включити спочатку низьку напругу і напругу 220 В.
3. Потім потрібно плавно вивести напругу високовольтного блоку живлення на потрібну величину.
4. При зникненні напруги мережі привести прилад в початковий стан, установивши регулятори напруги в нульове становище, і докласти про це викладачу.
5. Прилади, що підлягають заземленню, повинні бути надійно заземленими.
6. Після закінчення вимірювань потрібно вимкнути всі прилади, привести в порядок своє робоче місце і здати його лаборанту.

### КАТЕГОРИЧНО ЗАБОРОНЯЄТЬСЯ

1. Торкатися до елементів електросхеми і провідників напруги.
2. Ремонтувати, розбирати і перевіряти електричну схему під час роботи приладу при включеній напрузі.
3. Включати в мережу несправні прилади, а також прилади, технічний стан яких не перевірений.
4. Приносити до лабораторії їжу і напої. Під час перерви, як і під час занять, їсти і пити в лабораторії радіоекології.
5. Курити під час всього проведення лабораторної роботи.
6. Заходити в лабораторію в пальто.
7. Забороняється вільне ходіння в лабораторії без потреби.
8. Виходити і входити до лабораторії під час занять без дозволу викладача.
9. Залишати без догляду прилад, що знаходиться під напругою.
10. Допускати до роботи з апаратурою і приладами сторонніх осіб.
11. Працювати без інструктажу з техніки безпеки.
12. Забороняється самочинно включати прилади і джерела напруги без дозволу керівника.

### Порядок оформлення та захисту роботи

1. Напередодні виконання лабораторної роботи студентам потрібно ознайомитися з методичними вказівками до роботи, вивчити матеріали теми, на яку планується робота.
2. Усі записи акуратно виконати в зошиті. Підготувати таблиці для запису даних вимірювання. Робочий зошит мати при собі на кожному лабораторному занятті, а також при захистах робіт.
3. Роботи виконуються бригадами з 2-3 студентів.

4. Допуск на виконання роботи дає викладач після індивідуальної співбесіди з студентом і перевірки ступеня його підготовленості до роботи.
5. Результати вимірювань заносяться до таблиць і показуються викладачеві під час занять.
6. За даними вимірювань студент виконує відповідні розрахунки.
7. На тому ж занятті чи на наступному занятті студент повинен підготувати і захистити звіт до роботи.
8. Звіт потрібно оформляти на окремих подвійних листах.
9. Звіт повинен містити теоретичну частину, дані вимірювань і результати розрахунків.
10. Студент, що має дві незахищені роботи, до наступної роботи не допускається.

## **2.2 ВИРОБНИЧА ПРАКТИКА**

**2.2.1 Мета та завдання практики** – у відповідності з програмою виробничої практики закріплення знань теоретичного матеріалу; вивчення та дослідження екологічного стану, зокрема, радіологічного стану природного середовища; набуття практичних навичок по складанню, обробці та аналізу оперативних матеріалів, використання розрахункових методів діагнозу та прогнозу; складання попереджень (прогнозів) про небезпечні або стихійні явища.

**Бази навчальної та виробничої практик:**

- 1) Одеське відділення підприємства «Енергоатом» України; 2) Одеське відділення служби метрології України; 3) Товариство «Центр екологічної безпеки» (м.Одеса); 4) Експериментальна лабораторія радіометрії та дозиметрії Експериментального центру ГП «Одесастандартметрологія»; 5) Підприємства та служби з експлуатації телекомунікаційних мереж, м. Одеса; 6) Лабораторії кафедри загальної та теоретичної фізики ОДЕКУ; 7) За ініціативою студентів, що мають відповідні запрошення на проходження виробничої практики; 8) здобувачі вищої освіти мають можливість вибору бази виробничої практики.

У результаті проходження виробничої практики студенти повинні:  
**ЗНАТИ:** організаційну структуру оперативних прогностичних підрозділів, на яких відбувається виробнича практика; схеми оперативного обслуговування народногосподарських організацій.

**ВМІТИ:** проводити обробку та комплексний аналіз усіх вихідних та вхідних даних з екологічного становища природних та виробничих об'єктів; складати діагностичну документацію у відповідності з діючими положеннями.

**Загальні компетентності: ЗК01.** Здатність застосовувати

знання в практичних ситуаціях.

**Спеціальні (фахові, за стандартом) компетентності: СК01 – СК06.** Здатність використовувати науково-обґрунтовані методи обробки результатів досліджень в галузі технологій захисту навколишнього середовища.

**Спеціальні (фахові, за програмою ОПІ): СКВ07–СК10**  
Здатність застосовувати реабілітаційні та профілактичні заходи при ліквідації наслідків екологічного забруднення.

**Результати навчання:**

**ПР01.** Аналізувати складні системи, розуміти їх взаємозв'язки та організаційну структуру.

**ПР15-ПР18.** Застосовувати профілактичні заходи для захисту навколишнього середовища, зокрема, здатність застосовувати реабілітаційні заходи при ліквідації наслідків екологічного забруднення, методи дезактивації радіаційно-забруднених об'єктів.

## 2.2.2 Зміст практики.

### Календарний план

п\п	Вид роботи	Кількість днів
1	Інструктаж з техніки безпеки і охорони праці	0,5
2	Загальне знайомство з фаховими задачами підрозділів, організаційною структурою, та матеріальною базою.	0,5
3	Ознайомлення з об'єктами роботи спеціалістів, зокрема з об'єктами, на яких здійснюються схов, утилізація джерел іонізуючого випромінювання, та з об'єктами АЕС, заходами по дезактивації забруднених територій.	3
4	Ознайомлення з науковими розробками та методичними рекомендаціями по визначенню забруднення довкілля.	2
5	Вивчення апаратури та методики для експресного та лабораторного аналізу проб.	3
6	Вивчення спеціальних норм (регламентів) на вміст техногенних радіонуклідів цезію та стронцію у харчовій та сільськогосподарській продукції.	4

7	Вивчення спеціальних норм (регламентів) на вміст радіонуклідів радію, торію та калію в об'єктах навколишнього середовища та будівельних матеріалах.	4
8	Вивчення діючих положень та регулюючих документів по складанню, обробці і аналізу оперативних матеріалів.	Протягом усього періоду
9	Робота спільно з керівником практики над вирішенням конкретних фахових задач (формується у щоденнику практиканта)	4
10	Апробація отриманих результатів на спільній конференції (засіданні кафедри).Оформлення звіту про виробничу практику.	1
11	Організація проведення і підведення підсумків виробничої практики.	1
12	Захист звіту науково-виробничою нарадою підрозділу, на якому здійснювалася практика.	1
13	Збір даних для написання магістерської роботи, підготовка деяких підрозділів згідно пояснювальної записки та календарного плану магістерської роботи.	Протягом усього періоду
	Усього	24

1. Інструктаж з техніки безпеки і охорони праці забезпечує викладач - керівник виробничої практики. Правила техніки безпеки та охорони праці згідно інструктажу надає керівник виробничої практики.

Магістри, які пройшли інструктаж з техніки безпеки і охорони праці залишають свій розпис у відповідному журналі з техніки безпеки Свій розпис поруч ставить і керівник виробничої практики.

### **2.2.3.Індивідуальні завдання:**

Індивідуальні завдання видає керівник виробничої практики у відповідності з програмою виробничої практики та ОПП магістрів.

Індивідуальні завдання стосуються наступних тем:

1. Схов, утилізація джерел іонізуючого випромінювання.
2. Знайомство з об'єктами АЕС.

3. Інструктаж з техніки безпеки і охорони праці на підприємстві.
4. Загальне знайомство зі складом та задачами підрозділів та їх організаційною структурою.
5. Знайомство з науковими розробками, та методичними рекомендаціями підрозділу.
6. Знайомство з роботою спектрометричного обладнання та іншого експериментального устаткування на робочому місці.
7. Знайомство з методами розрахунку і обробці інформації.
8. Вирішування поставленої задачі згідно з вивченими методиками та формування висновків роботи щодо забруднення об'єктів навколишнього середовища.
9. Оформлення звіту виробничої практики.
10. Підготовка та здійснення доповіді на семінарі кафедри.
11. Участь у написанні наукових статей.

#### **2.2.4 Методичні рекомендації**

Методичне керівництво виробничою практикою здійснюється кафедрою загальної і теоретичної фізики ОДЕКУ, безпосереднє керівництво практикою здійснюють кваліфіковані фахівці виробничих підрозділів.

Тривалість виробничої практики - 4 тижні. Обсяг практики визначає робоча програма, яка видається студентам разом з путівкою.

В окремих випадках з урахуванням специфіки роботи конкретного підрозділу у зміст практики можуть бути внесені, зміни, але вони обов'язково повинні бути узгоджені з вузом.

По завданню кафедри студент під час проходження виробничої практики здійснює збір матеріалу для виконання у майбутньому НДР, дипломної роботи.

В характеристиці студента оцінюється ступінь готовності його до самостійної роботи, його трудова дисципліна.

Виробнича практика оцінюється за 4-бальною шкалою з урахуванням відношення студента до роботи, змісту та оформлення звіту, участі у громадському житті колективу. Складання однієї характеристики на кількох практикантів неможливо.

#### **2.2.5 Форми та методи контролю**

Контроль часу початку і закінчення роботи згідно з режимом праці. Контроль правила ведення записів. Для керівництва практикою за студентами закріплюється викладач – керівник практики, що веде щоденник практики, в якому відображає присутність студентів на практиці, стежить за виконанням правил техніки безпеки і участю студентів в роботах.

В обов'язки керівника виробничої практики входить:

1. Уточнення календарного плану роботи та завдання студенту - практиканту з урахуванням специфіки підрозділу.
2. Забезпечення практиканта потрібними для виконання задачі обладнанням, устаткуванням та матеріалами.
3. Проведення систематичного контролю за виконанням календарного плану виробничої практики, складання щоденника й звіту про практику.
4. Складання на студента по закінченні виробничої практики повної характеристики.

Наприкінці практики керівник здійснює усне опитування і згідно з цим зараховує чи незараховує практику.

Звіт приймається після виконання всіх видів робіт та оформлення необхідних матеріалів.

Залік з практики приймається у студентів, які повністю виконали програму практики.

Оцінка виставляється якщо фактична сума балів набрана студентами не менше 60% від максимально можливої.

#### **2.2.6 Вимоги до звіту .**

##### **Звіт про виробничу практику повинен містити:**

- строки початку та кінця практики;
- перелік усіх видів доручених практиканту робіт;
- огляд літературних джерел;
- описання та аналіз вихідних матеріалів;
- графічні матеріали;
- список використаної літератури;
- опис обладнання, устаткування та пристроїв, з якими ознайомився практикант під час практики;
- опис експериментальних та діагностичних методів, методів обробки інформації, що використовувалась студентом у роботі;
- зміст поставленої студенту задачі під час її практики;
- оброблені результати роботи з приведенням таблиць, графіків та висновків.

##### **До звіту повинні бути надані:**

- щоденник практики, який підписаний керівником;
- календарний план практики, на якому є печатка установи з поміткою керівника про його виконання;
- характеристика практиканта, яка підписана керівником практики з печаткою установи;
- матеріали доповіді на семінарі кафедри;
- матеріали наукових статей;

- зібрані матеріали до магістерської роботи.

Звіт про виробничу практику за у тижневий строк після закінчення практики повинен бути відданим на кафедру загальної і теоретичної фізики.

Після відповідної перевірки викладачем кафедри звіт про практику захищається перед комісією, призначеною завідуючим кафедрою.

В звіті по практиці необхідно включити розділ по охороні праці, у якому потрібно охарактеризувати наступне:

а) структуру служби охорони праці на підприємстві:

б) для ділянки з шкідливим виробничим фактором розробити паспорти санітарно-технічного стану, де відобразити особливі умови праці.

### **До обов'язків практиканта належать:**

2. Суворе дотримання строків проходження виробничої практики.
2. Виконання усіх правил техніки безпеки та правил внутрішнього розкладу підрозділу, де відбувається практика.
3. Виконання календарного плану та систематичне ведення щоденника виробничої практики.
4. Складання та оформлення звіту про виробничу практику.

Наприкінці практики керівник здійснює усне опитування і згідно з цим зараховує чи незараховує практику.

Звіт приймається після виконання всіх видів робіт та оформлення необхідних матеріалів.

Залік з практики приймається у студентів, які повністю виконали програму практики, та виводиться кожному студентові індивідуально, виходячи з відповідей на запитання при здачі заліку, ініціативи та трудової дисципліни за час проходження практики.

### **Правила техніки безпеки та охорони праці**

Перед початком першого заняття керівник практики дає студентам інструктаж з правил охорони праці та оформлює його підсумки у відповідному журналі.

Студентам перед початком робіт виробничої практики потрібно розписатися в журналі під тим, що з правилами поведінки і техніки безпеки на підприємстві вони ознайомилися і зобов'язуються їх виконувати.

Студенти, що порушують правила техніки безпеки і правила поведінки, звільняються від виконання робіт.



## Навчальна література

- Герасимов О.І. Технології захисту навколишнього середовища: підручник / Одеськ. держ. еколог. ун-т. Одеса: ТЕС, 2019. 268 с.
- Герасимов О.І. Теоретичні основи технологій захисту навколишнього середовища. Навчальний посібник. Одеса: ТЕС, 2018. 228с.
- Герасимов О.І., Кільян А.М. Елементи фізики довкілля: Радіоекологія (конспект лекцій). Одеса: ОДЕКУ, 2003. 134с.
- Герасимов О.І. Елементи фізики довкілля. Навчальний посібник. Одеса: ТЕС, 2004. 144с.
- Стратанович Р.Л. Неравновесная нелинейная термодинамика. М.: Наука, 1985. 479с.
- Хакен Г. Синергетика. М.: Мир, 1980. 406с.
- Боголюбов Н.Н., Митропольский Ю.А. Асимптотические методы в теории нелинейных колебаний. М.: Наука, 1974. 503с.
- Худинцев М.М. Моделювання фізико-хімічних процесів у радіоекології : Конспект лекцій. Одеса: ТЕС, 2009. 90с.
- Худинцев М.М., Співак А.Я. Чисельне моделювання фізичних процесів. Конспект лекцій. Одеса: ОДЕКУ, 2014. 103с.
- Герасимов, О. І. та Курятников, В. В. та Співак, А. Я. (2021) Силлабус навчальної дисципліни "Спеціальні розділи радіоекології (системної та за галузями)" (частина 2) для магістрів спеціальності 183 "Технології захисту навколишнього середовища".  
<http://eprints.library.odeku.edu.ua/id/eprint/9068>
- Курятников В.В., Кільян А.М. Радіоекологія : Методичні вказівки до лабораторних робіт. Одеса: ОДЕКУ, 2002. 35 с.
- Курятников В.В., Співак А.Я., Кільян А.М. Фізичні основи радіометрії та дозиметрії : Збірник методичних вказівок до лабораторних робіт. Одеса: ОДЕКУ, 2008. 33с.
- Герасимов О.І., Настасюк В.А. Основи екологічної фізики : Методичні вказівки до практичних робіт. Одеса: ОДЕКУ, 2003. 61с.
- Герасимов О.І., Худинцев М.М. Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисциплін «Методи нелінійного аналізу та динамічні процеси у радіоекології», «Моделювання фізико-хімічних процесів у радіоекології». Одеса: ОДЕКУ, 2003. 29с.
- Репозитарій ОДЕКУ. URL: <http://eprints.library.odeku.edu.ua/>

Методичні вказівки до навчальної та виробничої практик студентів спеціальності 183 «Технології захисту навколишнього середовища» Рівень вищої освіти – магістр . Одеса, ОДЕКУ, 2022р., 50 с. укр. мова.

Укладачі: Укладачі: Герасимов О.І., проф., д-р фіз.-мат. наук.; Курятников В.В., доцент, канд. фіз.-мат. наук; Співак А.Я., ст.викл., канд. фіз.-мат. наук; Кільян А.М., асистент.

Відп.за випуск: Герасимов О.І.

Підп. до друку  
Умовн. друк. арк.

Формат  
Тираж

Папір друк.  
Зам №

---

Одеський державний екологічний університет  
65016, м.Одеса, вул. Львівська, 15  
Надруковано з готового оригінал-макета