

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

## **МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

до самостійної роботи студентів з дисципліни

### **«Екологічна хімія з основами екотоксикології»**

ДЛЯ СТУДЕНТІВ V КУРСУ  
ЗА СПЕЦІАЛЬНІСТЮ 8.04010603  
«Екологічна безпека»  
освітньо-кваліфікаційний рівень – магістр.

**ОДЕСА – 2012**

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

## **МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

до самостійної роботи студентів з дисципліни

### **«Екологічна хімія з основами екотоксикології»**

ДЛЯ СТУДЕНТІВ V КУРСУ  
ЗА СПЕЦІАЛЬНІСТЮ  
«Екологічна безпека»  
освітньо-кваліфікаційний рівень – магістр

**«Затверджено»** на факультеті  
магістерської та аспірантської  
підготовки ОДЕКУ

**ОДЕСА – 2012**

Методичні вказівки до виконання самостійної роботи студентами з дисципліни «Екологічна хімія з основами екотоксикології» для студентів 5-го курсу екологічного факультету денної форми навчання, за спеціальністю – 8.04010603 «Екологічна безпека», освітньо-кваліфікаційний рівень – магістр.

Укладачі: Горліченко М.Г., Шевченко С. В. – Одеса: ОДЕКУ,  
2012. - 53 с.

## ЗМІСТ

1. Загальна частина.....	4
1.1 Мета і завдання дисципліни.....	4
1.2 Перелік тем лекційного курсу та семінарських занять.....	6
1.2.1. Перелік тем лекційного курсу.....	6
1.2.2. Перелік тем семінарських занять.....	7
1.3 Перелік навчальної літератури та навчально-методичного матеріалу, що забезпечує вивчення дисципліни «Екологічна хімія з основами екотоксикології».....	8
1.4 Перелік знань та умінь, якими повинен володіти студент, для успішного вивчення дисципліни «Екологічна хімія з основами екотоксикології».....	10
1.5 Перелік і графік контрольних заходів поточного контролю знань та вмінь студентів.....	11
2 Організація самостійної роботи по виконанню завдань по СРС.....	13
2.1 Перелік завдань на самостійну роботу.....	13
2.2 Вказівки щодо послідовності вивчення теоретичного матеріалу.....	13
2.2.1 Питання до самоконтролю ЗМ-Л1.....	16
2.2.2 Питання до самоконтролю ЗМ-Л2.....	29
3 Організація поточного, семестрового та підсумкового контролю рівня знань та вмінь студентів.....	38
4 Наукова робота студентів.....	43
5 Додатки.....	45

# 1 Загальна частина

## 1.1 Мета і завдання дисципліни

Дисципліна «Екологічна хімія з основами екотоксикології» належить до професійно-орієнтованого циклу дисциплін підготовки студентів V курсу, за спеціальністю – 8.04.010603 «Екологічна безпека», освітньо-кваліфікаційний рівень – магістр. «Екологічна хімія з основами екотоксикології» є дисципліною, яка служить базою для подальшого більш поглибленого вивчення інших фахових дисциплін.

Мета дисципліни – формування у студентів повного уявлення про теоретичні основи екологічної хімії та екотоксикології, про хімічний склад та властивості токсикантів, а також закономірності змін, що відбуваються під їх впливом у природних системах, про шляхи вирішення актуальних проблем регіональної та прикладної екології і токсикології, а головне – характеристика і науковий аналіз наслідків забруднення природного середовища токсичними речовинами для формування бази знань сучасного стану екологічних проблем та творчого відношення до їхнього вирішення.

Основні завдання дисципліни:

- дати студентам сучасні уявлення про фізико-хімічні процеси, що відбуваються між токсичними речовинами та навколишнім середовищем;
- ознайомити із впливом негативних антропогенних факторів на хімічний склад та властивості природних вод, ґрунтів, повітря;
- ознайомити з методами і принципами токсикологічних досліджень навколишнього середовища;
- навчити студентів розраховувати можливі процеси забруднення атмосфери, гідросфери, літосфери та застосовувати результати токсикохімічних досліджень для оцінки наслідків забруднення;
- розширити природничо-науковий та створити сучасний професійний світогляд еколога.

Викладання даної дисципліни базується на попередньому вивченні студентами «Хімії з основами біогеохімії», «Загальна екологія», «Екологічна хімія», «Моніторинг довкілля», «Управління та поведження з відходами», «Екологічна безпека», «Екологія людини».

Отримані знання та вміння надалі будуть використовуватися при підготовці магістерських робіт.

Екологічна хімія – наука про хімічні процеси і взаємодії в навколишньому природному середовищі, а також наслідки таких взаємодій; або наука про процеси, що визначають хімічний склад і хімічні властивості об'єктів довкілля. В основі екологічної хімії лежить розгляд процесів у НПС в їх хімічному аспекті із врахуванням впливу антропогенних факторів як на біотичні, так і на абіотичні компоненти

довкілля. Вона покликана розглядати динаміку хімічних процесів в природних об'єктах, а також в штучних екосистемах, прогнозувати і регулювати екологічні наслідки антропогенного впливу на стан НПС.

Враховуючи масштабність і екологічну небезпеку хімічного забруднення природних середовищ, найважливішою задачею екологічної хімії є поглиблений розгляд факторів і негативних наслідків цього виду забруднення.

Екологічна хімія – комплексна дисципліна, яка досліджує всю сукупність хімічних зв'язків і взаємодій, пов'язаних з живою речовиною. Основна мета еколого-хімічних досліджень – це аналіз закономірностей складу і розподілу різноманітних хімічних речовин неорганічного, органічного та комплексного походження в різних природних середовищах, вивчення особливостей їх трансформації, а також впливу на живі організми і здоров'я людини.

Хімічне забруднення – це збільшення кількості хімічних речовин в НПС не властивих йому або в концентраціях, що перевищують норму. Воно є найбільш небезпечним для природних екосистем і людини. Всі присутні в біосфері речовини, як природного, так і антропогенного походження складають хемосферу.

При характеристиці забруднення довкілля вживаються такі поняття, як полютанти, ксенобіотики, екотоксиканти та інші.

*Полютанти* – речовини, що забруднюють середовище життя, тобто забруднювачі. *Ксенобіотики* – сторонні для живих організмів шкідливі хімічні речовини (пестициди, препарати побутової хімії і інші.), які надходять в значних концентраціях в НПС і призводять до загибелі організмів, а також порушують нормальний хід природних процесів в екосистемі.

Близьким по значенню є поняття *екотоксиканти* – шкідливі хімічні сполуки, що забруднюють НПС і отруюють живі організми, які знаходяться в середовищі. Вони рідко зустрічаються самотійно, тому два і більше екотоксикантів разом дають ефект, який у багато разів перевищує суму дії кожного з них нарізно (це явище називається синергізмом і є прикладом вияву принципу емерджентності).

Систематичні токсикохімічні дослідження входять до комплексу заходів боротьби із забрудненням природних вод, атмосфери, літосфери. Сучасний стан впливу навколишнього середовища в Україні зумовлює постійну потенційну небезпеку здоров'ю людей і природи, тому виникає необхідність у аналізі екологічної і токсикологічної обстановки з урахуванням можливих негативних наслідків втручання в природні середовища.

## **1.2 Перелік тем лекційного курсу та семінарів**

### **1.2.1 Перелік тем лекційного курсу**

#### **Розділ 1. Теоретичні основи екологічної хімії.**

Вступ. Ціль та завдання екологічної хімії з основами екотоксикології, її задачі на сучасному етапі і подальші перспективи розвинення. Роль екологічної хімії у господарському розвитку України. Методи оцінки факторів впливу на природу.

**1.1.** Природні джерела впливу на навколишнє середовище. Результати антропогенного впливу на природу. Поняття про міграцію токсикантів та роль колообігу токсичних речовин на Землі. Фізичні та хімічні властивості екотоксикантів.

Характеристика процесів переносу, накопичення і трансформації забруднюючих речовин в навколишньому середовищі. Склад природних і синтетичних забруднюючих речовин. Класифікація екотоксикантів.

**1.2.** Хімічний склад атмосфери. Пил та аерозолі. Гази. Методи очистки повітря від забруднення. Характеристика фізико-хімічних процесів, які відбуваються в повітрі.

Концентрація парів і газів, методи їх визначення для екологічної характеристики стану атмосфери. Наслідки забруднення повітря хімічними речовинами та порушення газового балансу атмосфери.

**1.3.** Екологічні проблеми гідросфери. Види забруднення ґрунтових, річкових і морських вод. Розчинність твердих речовин, рідини та газів у воді. Теорія розбавлених розчинів. Особливості розчинів електролітів (солей, кислот, основ). Гідроліз солей.

Дисперсні системи, істинні та колоїдні розчини. Твердість води: карбонатна твердість води та некарбонатна твердість природної води, розрахунки вмісту іонів натрію та калію у морській воді. Види забруднення води токсичними речовинами.

Класифікація екологічної якості поверхневих вод. Методи очистки води. Розрахунки, оцінка і прогнозування наслідків забруднення гідросфери хімічними речовинами. Розрахунок антропогенного навантаження і оцінка стану річки та її басейну. Методи очистки води.

#### **Розділ 2. Вплив різноманітних хімічних речовин на стан ґрунту.**

##### **Причини, характер, наслідки хімічних катастроф.**

**2.1.** Умови формування хімічного складу ґрунтів та їх класифікація. Головні та другорядні, прямі та опосередковані фактори впливу на літосферу: фізико-географічні фактори, геологічні фактори, фізико-хімічні фактори, біологічні фактори, антропогенні фактори.

**2.2.** Природні ґрунти – багатокомпонентна система. Будова і склад літосфери. Вплив природних умов на якісний та кількісний вміст макро- і мікроелементів. Макроелементи. Біогенні елементи. Мікроелементи. Радіоактивність природних ґрунтів. Органічні речовини. Забруднюючі речовини.

**2.3.** Родючість ґрунту та проблеми його збереження. Глобальні екологічні явища і приклади аналізу негативного впливу токсичних речовин на ґрунти. Властивості ґрунту, фізико-хімічні процеси в ґрунтах, як складової частини ландшафту та життєвого простору. Антропогенні та кислотні забруднення ґрунту, основні хімічні наслідки забруднення та їх вплив на розвиток рослин.

**2.4.** Глобальні екологічні явища і приклади аналізу негативного впливу токсичних речовин на природу. Біогеохімічні провінції і ендемії. Речовини, які розповсюджені у навколишньому середовищі та негативно впливають на нього. Продукти харчування і харчові добавки. Токсичність предметів побуту, продуктів харчування, харчових добавок. Токсини природного походження.

**2.5.** Хімічні катастрофи та екологія. Проява дії стресорів на процеси метаболізму (катаболізму, анаболізму). Радіоактивність. Джерела штучної радіонуклідної активності в природному середовищі. Радіоекологія. Ядерна зброя і ядерний вибух. Атомні електростанції. Методи знешкодження радіоактивного впливу на навколишнє середовище.

### **1.2.2 Перелік тем семінарських занять**

**Семінар №1** «Вступне заняття. Теоретичні основи і методи проведення екологічних і хімічних досліджень».

**Семінар №2** «Види забруднення навколишнього природного середовища токсичними речовинами».

**Семінар №3** «Поняття про міграцію токсикантів та колообіг токсичних речовин на Землі».

**Семінар №4** «Характеристика процесів переносу, накопичення і трансформації забруднюючих речовин в навколишньому середовищі».

**Семінар №5** «Хімічний склад атмосфери та характеристика фізико-хімічних процесів, які відбуваються в повітрі».

**Семінар №6** «Концентрація парів і газів, методи їх визначення і розрахунку для екологічної характеристики стану атмосфери».

**Семінар №7** «Наслідки забруднення повітря хімічними речовинами та порушення газового балансу атмосфери».

**Семінар №8** «Види гідрохімічних досліджень, класифікація природної води за хімічним складом та мінералізацією. Фізико-хімічні процеси, що відбуваються в гідросфері».



**Семінар №9** «Методики визначення вмісту іонів кальцію, магнію у природній воді та загальної твердості води. Визначення карбонатної твердості води та некарбонатної твердості природної води, а також розрахунки вмісту суми іонів натрію та калію у морській воді».

**Семінар №10** «Види забруднення води токсичними речовинами. Класифікація екологічної якості поверхневих вод. Методи очистки води».

**Семінар №11** «Розрахунки, оцінка і прогнозування наслідків забруднення гідросфери хімічними речовинами. Розрахунок антропогенного навантаження і оцінка стану річки та її басейну».

**Семінар №12** «Властивості ґрунту, фізико-хімічні процеси в ґрунтах, як складової частини ландшафту та життєвого простору».

**Семінар №13** «Антропогенні та кислотні забруднення ґрунту, основні хімічні наслідки забруднення та їх вплив на розвиток рослин».

**Семінар №14** «Токсичність предметів побуту, продуктів харчування, харчових добавок. Токсини природного походження».

**Семінар № 15** «Радіоактивність. Джерела штучної радіонуклідної активності в природному середовищі. Радіоекологія».

### **1.3 Перелік навчальної літератури та навчально-методичного матеріалу, що забезпечує вивчення дисципліни «Екологічна хімія з основами екотоксикології»**

#### *Основна література*

1. Шумейко В.М., Глуховський І.В., Овруцький В.М., Шевчук В.Я. та ін. Екологічна токсикологія. Київ, АТ «Вид-во «Столиця», 1998. - 204 с.
2. Овруцький В.М., Шумейко В.М., Глуховський І.В., Бобкова Л.С. та ін. Екологічна токсикохімія. Київ, АТ «Вид-во «Столиця», 1998. – 120 с.
3. Розанов В.А., Грабко Н.В., Лобуренко О.П. Методичні вказівки з дисципліни «Наслідки забруднення природного середовища токсичними речовинами» Одеса., ОГМІ, 2000. – 120 с.
4. Довгань І.В., Сафранов Т.А. Основи екологічної хімії. Конспект лекцій. Одеса: ОДЕКУ, 2003. – 60 с.
5. Владимиров А.М., Ляхин Ю.И., Матвеев Л.Т., Орлов В.Г. Охрана окружающей среды. – Л., Гидрометиздат, 1991. – 424 с.
6. Корте Ф., Бахадир М., Клайн В. и др. Экологическая химия. Пер. с нем. / Под ред. Ф. Корте. – М.:Мир, 1997. – 396 с.
7. Скурлатов Ю.И., Дука Г.Г., Мизити А. Введение в экологическую химию. – М.: Высш. школа, 1994. – 399 с.

8. Вронский В.А. Прикладная экология. – Ростов на Дону: Изд-во «Феникс», 1996. – 512 с.
9. Фелленберг Г. Загрязнение природной среды. Введение в экологическую химию: пер. с нем. – М.: Мир, 1997. – 232 с.
10. Пелешенко В.І., Хільчевський В.К. Загальна гідрохімія: Підручник. – К.: Либідь, 1997.- 234 с.

### *Додаткова література*

11. Анне Платт Мак-Гінн. Як позбутися стійких органічних забруднювачів. – Стан світу 2000. – К.: Інтелсфера, 2000. – 312 с.
12. Саєт Ю.Е., Ревич Б.А., Янин Е.П. Геохимия окружающей среды. – М.: Недра, 1990 – 335 с.
13. Алёкин О.А. Основы гидрохимии. – Л., 1970. – 368 с.
14. Никаноров А.М. Гидрохимия: Учебник. – Л., Гидрометеиздат, 1989. – 282 с.
15. Глинка Н.Л. Общая химия – М.: КНОРУС, - 2011. – 752 с.
16. Вредные химические вещества. Неорганические соединения элементов I-IV групп. Справочник – Л.: Химия, 1988.- 512 с.
17. Вредные химические вещества. Неорганические соединения элементов I-VIII групп. Справочник – Л.:Химия, 1989.- 592 с.
18. Богдановський Г.А.Химическая екологія. – М.: Из-во Московского ин-та, 1994. – 237 с.
19. Бродский А.К. Краткий курс общей экологии. – С.-П.: ДЕАН+АДИА-М, 1996. – 164 с.
20. Никаноров А.М., Посохов Е.В. Гидрохимия. Л.: Гидрометеиздат, 1985. - 244 с.
21. Губский Ю.И., Долгосабуров В.Б., Храпак В.В. Химические катастрофы и экология. К.: Здоров'я, 1993. – 224 с.
22. Химия окружающей среды/ Под ред. Дж. О.М. Бокриса. – М.: Химия, 1982. – 672 с.
23. Беспмятнов Г.П., Кротов Ю.А. Предельно допустимые концентрации химических веществ в окружающей среде. Справочник. – Л.: Химия, 1985. – 528 с.
24. Фримантл М. Химия в действии. – Т. 1,2. – М.: Мир, 1991. – Т 1. – 650 с.; Т. 2 – 622 с.
25. Орлов А.С., Безуглова О.С. Биогеохимия. – Ростов-на-Дону, «Феникс», 2000. - 317 с.
26. Органическая химия / Под ред. Н.А. Тютявкиной. – М.: Медицина, 1998. – 496 с.
27. Турияница И.М., Пашенок А.Е. и др. Экологическая токсикология. – Ужгород, 1997. – 255 с.
28. Небел Б. Наука об окружающей среде. В 2-х т. – М.: Мир, 1994. – 319 с.

29. Шумейко В.М. та інш. Екологічна токсикологія. Підручник. – К.: АТ Видавництво “Столиця”, 1998. – 204 с.
30. Кульский Л.А., Накорчевская В.Ф. Химия воды. Физико-химические процессы обработки природных и сточных вод. – Киев.: Вища школа, 1983. – 190 с.
31. Справочник по свойствам, методам анализа и очистке воды / Кульский Л.А. и др. – Киев: Наук. думка, 1980.- 168с.

Посібники, підручники та конспекти лекцій є в наявності у бібліотеці ОДЕКУ, методичні вказівки з екології є у достатній кількості на кафедрі прикладної екології.

#### **1.4 Перелік знань і умінь, якими повинен володіти студент, для успішного вивчення дисципліни «Екологічна хімія з основами екотоксикології»**

Засвоєння дисципліни «Екологічна хімія з основами екотоксикології» повинне сприяти розвитку у студентів широкого природно-наукового розуміння складних хімічних та біологічних процесів, які виникають в атмосфері, гідросфері, літосфері під впливом природних та антропогенних факторів, вмінню грамотно застосовувати знання про хімічний склад токсикантів за оцінкою їх впливу на природу за токсикохімічними дослідженнями. Потреба в кількісній оцінці регіональних закономірностей поведінки токсичних речовин у природі тісно пов'язана з проблемою використання, охорони та відтворення біоресурсів.

Після вивчення дисципліни студент **повинен знати:**

- теоретичні основи екологічної хімії – фізичні та хімічні властивості токсикантів, класифікацію екотоксикантів, основні механізми їх токсичної дії на природу;
- механізми адаптації організму до змін навколишнього середовища;
- умови та фактори, які впливають на атмосферу, гідросферу, літосферу;
- основні характеристики змін матеріального складу зовнішнього середовища внаслідок діяльності людини;
- основні концептуальні підходи оцінки негативного впливу токсикантів на живі організми (екологічна діагностика);
- основні концептуальні підходи запобігання негативного впливу токсикантів на живі організми (екологічна профілактика);
- основні підходи поліпшення екологічного стану навколишнього середовища (екосальвація);
- мати уявлення про конкретні негативні ефекти токсикантів на флору і фауну та методику аналізу окремих токсикантів на біоту;

- основи прикладної екологічної хімії та методів токсикологічних досліджень біологічних екосистем.

**Основні вміння**, які отримує студент:

- оцінка результатів токсикологічних досліджень;
- визначення хімічного складу природної води: вмісту розчинених газів, головних іонів, концентрації токсикантів, вмісту органічної речовини;
- вираження результатів хімічного аналізу повітря (складу газів, концентрації газів, біогенних елементів, радіоактивних елементів у природному повітрі);
- визначення твердості води та методів її усунення;
- оцінки якості води, повітря, ґрунту для різноманітних цілей;
- узагальнення матеріалів токсикологічних досліджень;
- класифікації токсикантів за хімічним складом;
- використання екологічних знань для діагностики та профілактики забруднень середовища;
- застосування правил техніки безпеки при виконанні екологічних і хімічних досліджень.

### **1.5 Перелік та графік контрольних заходів поточного контролю знань та вмінь студентів**

Контроль поточних знань здійснюється на основі:

1. усного опитування на лекційних та семінарських заняттях (УО),
2. виконанні письмових модульних робіт: 2-х змістовних лекційних модулів (теоретичних – ЗМ-Л1 та ЗМ-Л2); 2-х змістовних практичних модулів – ЗМ-П1, ЗМ-П2 та семестрової КР.
3. написання рефератів та участь у науково-дослідній роботі (НР),
4. розв'язання задач у присутності викладача в аудиторії (РЗ) та виконання завдань біля дошки (КЗ),
5. двох атестацій,
6. у кінці X семестру – іспит.

Окремою заліковою одиницею введений науковий модуль у відповідності до *Положення про врахування науково-дослідної роботи студента у кредитно-модульній системі організації навчального процесу в ОДЕКУ, затвердженого 25.01.07.*

**Графік контрольних заходів з дисципліни «Екологічна хімія з основами екотоксикології»**

№ тижня	Контролюючий показник та вигляд занять, на яких буде проведений контроль	
	Теоретична частина	Практична частина (семінарські заняття)
1	УО	
2		УО; КЗ;
3	УО	
4		УО; КЗ;
5	УО	
6	ЗМ-Л1 (КР-1)	УО; КЗ;
7		ЗМ-П1 (КР-3)
8	Атестація I	ДЗ
9	УО	
10		УО; КЗ;
11	УО	РФ
12		УО; РЗ; КЗ;
13	УО	ЗМ-П2 (КР-4)
14	ЗМ-Л2 (КР-2))	Підсумкова КР
15	Атестація II	Іспит

Умовні позначки:

УО – усне опитування під час лабораторних або лекційних занять;

РЗ – розв’язання задач під наглядом викладача в обчислювальному класі;

КР – письмова контрольна робота;

КЗ – виконання завдання біля дошки;

ЗМ – змістовний модуль.

## 2. Організація самостійної роботи по виконанню завдань для СРС

### 2.1 Перелік завдань на самостійну роботу

Згідно з «Положенням про організацію контролю самостійної роботи студентів в ОДЕКУ» від 29.03.2004р. (зі змінами та доповненнями, затвердженими 27.04.2006р.) завдання до СРС з дисципліни «Екологічна хімія з основами екотоксикології» надані у вигляді вивчення двох певних розділів теоретичного матеріалу.

Успішне вивчення курсу дисципліни може бути тільки при систематичній самостійній роботі студента та обов'язково повинне проводитись з виконанням вправ та розв'язанням тематичних задач. При вивченні тем **1, 2** розділів студентам необхідно знати теоретичні основи екологічної хімії – фізичні та хімічні властивості токсикантів, класифікацію екотоксикантів, основні механізми їх токсичної дії на природу; механізми адаптації організму до змін навколишнього середовища; умови та фактори, які впливають на атмосферу, гідросферу, літосферу; основні характеристики змін матеріального складу зовнішнього середовища внаслідок діяльності людини. Студенти повинні мати уявлення про конкретні негативні ефекти токсикантів на флору і фауну та методику аналізу окремих токсикантів на біоту; основи прикладної екологічної хімії та методів токсикологічних досліджень біологічних екосистем.

### 2.2 Вказівки щодо послідовності вивчення теоретичного матеріалу

Підготовка до змістовних модулів з дисципліни «Екологічна хімія з основами екотоксикології» включає вивчення теоретичного матеріалу (ЗМ-Л1,2) і вміння розраховувати задачі та тематичні завдання (ЗМ-П1 та ЗМ-П2).

Вказівки щодо послідовності вивчення теоретичного матеріалу включають перелік питань до кожної з тем, на які необхідно звернути особливу увагу, а також поради щодо їх самостійного вивчення з указівкою на літературу.

Для успішного засвоєння теоретичного матеріалу необхідно вести конспект лекцій, в якому в лаконічній формі та суворій послідовності викладені усі питання теоретичного змістовного модулю. Крім конспекту лекцій для вивчення програмного матеріалу можливо самостійно працювати з основною та додатковою літературою.

Після вивчення **I розділу «Теоретичні основи екологічної хімії» студенти повинні знати:**

- Ціль та завдання екологічної хімії, її задачі на сучасному етапі і подальші перспективи розвинення. Роль екологічної хімії й

екотоксикології у господарському розвитку України. Основна література [1] с. 7-21; [2] с. 9-28; [4] с. 5-7; [10] с. 4-9; [13] с. 5-8; [14] с. 5-11. Додаткова література [20] с. 4-10; [25] с. 143-155, 291-301; [27] с. 7-20.

- Природні джерела впливу на навколишнє середовище. Результати антропогенного впливу на природу. Поняття про міграцію токсикантів та кругообіг токсичних речовин на Землі. Фізичні та хімічні властивості екотоксикантів. Характеристика процесів переносу, накопичення і трансформації забруднюючих речовин в навколишньому середовищі. Склад природних і синтетичних забруднюючих речовин. Класифікація екотоксикантів. Основна література [1] с. 7-24; [2] с. 28-55; [4] с. 23-43; [9] с. 13-18. Додаткова література [25] с. 55-93, 128-135; [27] с. 25-27.
- Хімічний склад атмосфери. Пил та аерозолі. Гази. Методи очистки повітря від забруднення. Характеристика фізико-хімічних процесів, які відбуваються в повітрі. Концентрація парів і газів, методи їх визначення для екологічної характеристики стану атмосфери. Наслідки забруднення повітря хімічними речовинами та порушення газового балансу атмосфери. Основна література [1] с. 24-27; [2] с. 131-142; [4] с. 44-47; [9] с. 18-39. Додаткова література [15] с. 385-390, 410-416; [27] с. 14-26.
- Властивості води, як розчинника. Аномальні властивості води. Склад природних вод та фактори, що його визначають. Умови формування хімічного складу природних вод та їх класифікації. Походження катіонів та аніонів. Головні та другорядні, прямі та опосередковані фактори. Фізико-географічні фактори. Геологічні фактори. Фізико-хімічні фактори. Біологічні фактори. Антропологічні фактори. Гідрохімічна зональність. Основна література [1] с. 57-59; [4] с. 47-49; [9] с. 113-121; [10] с. 10-14, 19-23, 32-47; [13] с. 15-40; [14] с. 100-127. Додаткова література [15] с. 209-233; [20] с. 49-66; [25] с. 48-56; [27] с. 99-125.
- Дисперсні системи, істинні та колоїдні розчини. Хімічний склад атмосферних опадів. Аерозолі. Джерела утворення аерозолів в атмосферних опадах. Мінералізація та головні іони, концентрація іонів водню. Основна література [1] с. 87-94; [9] с. 111-113; [10] с. 26-27, 30-31, 120-136; [13] с. 132-167; [14] с. 50-55, 144-162. Додаткова література [15] с. 258-270, 321-346; [20] с. 23, 44-65, 73-80.
- Природна вода – багатокомпонентний розчин. Розчинені газы. Головні іони. Карбонатна та сульфатна системи. Роль карбонатної системи у водних об'єктах. Загальна, карбонатна та некарбонатна твердість води. Біогенні речовини. Органічні речовини. Мікроелементи. Радіоактивність. Забруднювальні речовини. Мінералізація природних вод. Основна література [2] с. 7-68; [10] с. 66-129; [13] с. 41-118; [14] с. 53-99. Додаткова література [20] с. 25-49.

- Хімічні показники оцінки забрудненості вод. Значення хімічного складу природних вод для охорони природи, географічних та біологічних досліджень. Джерела забруднення природних вод. Самоочищення природних вод; деякі методи очищення, опріснення та підготовки до використання води. Комплексні критерії якості води. Основна література [1] с. 64-70; [9] с. 99-116; [10] с. 303-340; [13] с. 399-433; [14] с. 325-345]. Додаткова література [20] с. 212-228.
- Основні методи гідрохімічного аналізу. Гідрохімічні дослідження на водних об'єктах. Основна література [1] с. 57-59, 84-85; [9] с. 123-134; [10] с. 347-366; [14] с. 263-279. Додаткова література [20] с. 147-160, 178-205].

Після вивчення **2 розділу «Вплив різноманітних хімічних речовин на стан ґрунту. Причини, характер, наслідки хімічних катастроф» студенти повинні знати:**

- Умови формування хімічного складу ґрунтів та їх класифікація. Головні та другорядні, прямі та опосередковані фактори впливу на літосферу: фізико-географічні фактори, геологічні фактори, фізико-хімічні фактори, біологічні фактори, антропологічні фактори. Основна література [1] с. 84-85, 91-94; [2] с. 103-114; [4] с. 49-53]. Додаткова література [15] с. 446-460, 477-487.
- Природні ґрунти – багатокомпонентна система. Будова і склад літосфери. Вплив природних умов на якісний та кількісний вміст макро- і мікроелементів. Макроелементи. Біогенні елементи. Мікроелементи. Радіоактивність природних ґрунтів. Органічні речовини. Забруднюючі речовини. Основна література [1] с. 38-67; [9] с.135-140]. Додаткова література [25] с. 151-160.
- Родючість ґрунту та проблеми його збереження. Глобальні екологічні явища і приклади аналізу негативного впливу токсичних речовин на ґрунти. Властивості ґрунту, фізико-хімічні процеси в ґрунтах, як складової частини ландшафту та життєвого простору. Антропогенні та кислотні забруднення ґрунту, основні хімічні наслідки забруднення та їх вплив на розвиток рослин. Основна література [2] с. 103-125; [9] с.140-148. Додаткова література [25] с. 160-188.
- Глобальні екологічні явища і приклади аналізу негативного впливу токсичних речовин на природу. Речовини, які розповсюджені у навколишньому середовищі та негативно впливають на нього. Продукти харчування і харчові добавки. Токсичність предметів побуту, продуктів харчування, харчових добавок. Токсини природного походження. Основна література [1] с. 161-173; [4] с. 54-58; 9, 166-184. Додаткова література [25] с. 291-301; [27] с. 175-183.
- Хімічні катастрофи та екологія. Радіоактивність. Джерела штучної радіонуклідної активності в природному середовищі. Радіоекологія. Ядерна зброя і ядерний вибух. Атомні електростанції. Методи



знешкодження радіоактивного впливу на навколишнє середовище. Основна література [1] с. 175-185; [9] с. 205-214. Додаткова література [25] с. 245-266, 287-290; [27] с. 158-170, 227-242.

### **2.2.1 Питання до самоконтролю студентів після вивчення тем теоретичного змістовного модулю «ЗМ-Л1»**

1. Які цілі та завдання екологічної хімії як науки?
2. Вкажіть сучасні наукові напрямки розвитку екологічної хімії й екотоксикології України?
3. Поясніть основні терміни екологічної хімії та токсикології (ксенобіотики, полютанти, токсиканти, важкі метали тощо).
4. Поясніть ізотопний склад води. Які властивості має «важка вода» та як вона впливає на живі організми?
5. Як пояснити аномальні властивості води? Яке значення мають ці аномалії для життя на Землі?
6. Поясніть які є класифікації токсикантів. Які основні принципи нормування шкідливих речовин?
7. Які є токсичні речовини? На які види вони поділяються?
8. Як можна охарактеризувати «виборчу токсичність»?
9. Як класифікують домішки води за їх фазово-дисперсним станом?
10. Що таке кумулятивний ефект токсиканта?
11. Природна вода – багатокомпонентний розчин. Які іони, що вміщуються у природній воді, називають макроелементами?
12. Розчинені у природній воді гази. Які атмосферні гази та в яких кількостях вміщуються у природних водах? Які гази вулканічного походження та при яких умовах присутні у природних водах? Які гази біохімічного походження розчинені у природних водах?
13. Які речовини, називають біогенними? У якій формі вони існують?
14. Як поділяються органічні речовини у природній воді за походженням? Як впливають ґрунти на формування хімічного складу природних вод? Яким чином живі істоти впливають на формування хімічного складу природних вод?
15. Мікроелементи та їх роль у життєвих процесах гідросфери, атмосфери, літосфери.
16. Що називають радіоактивністю природних вод і ґрунтів?
17. Дайте визначення мінералізації природних вод. Як співвідношення головних іонів у природній воді залежить від її мінералізації?
18. Які основні джерела викидів в атмосферу? Як може впливати забруднення повітря на рослини та людину? В чому різниця між двома видами фотохімічного смогу? Які хімічні сполуки і яким чином сприяють парниковому ефекту?
19. Які основні полютанти атмосфери, літосфери і гідросфери?

20. Кругообіг Карбону, Нітрогену, Фосфору у природі. Умови утворення та розчинності карбонатів, нітратів, фосфатів.
21. Які рівноважні системи існують у природних системах? Процеси самоочищення природних вод і ґрунтів. Яка роль ПАР в евтрофікації водойм?
22. Які класифікації природних вод та ґрунтів за хімічним складом поширені в екологічній практиці?
23. Які існують форми і способи вираження результатів аналізу природних вод, ґрунтів і повітря?
24. Охарактеризуйте хімічний склад атмосферних опадів: мінералізація та головні іони, концентрація іонів водню, вміст біогенних елементів, вміст радіоактивних елементів.
25. Охарактеризуйте хімічний склад річкових вод та умови їх формування: вміст розчинених газів, концентрація іонів водню, головні іони та неоднорідність складу річкових вод, мікроелементи та радіоактивні ізотопи, біогенні елементи, органічні речовини.
26. Які джерела забруднення вод нафтопродуктами, радіонуклідами і важкими металами?
27. Загальні відомості про сольовий склад вод океану. Вміст основних іонів та солоність океанічної води. Вміст газів, концентрація іонів водню, види забруднення океану.
28. Вміст мікроелементів в океанічній воді та її радіоактивність. Біогенні елементи та органічні речовини у водах морів та океанів.
29. Як переносяться важкі метали по харчовим ланцюгам?
30. Як оцінити воду для різних видів використання (господарсько-побутове, технічне, для зрошення)?
31. Побутове та технічне значення твердості води. Агресивна дія природної води на бетон і метал.
32. Значення вивчення міграції хімічних елементів для географічних та біологічних досліджень. Які основні джерела забруднення природних вод?
33. Які хімічні показники оцінки забрудненості вод?
34. Які основні методи хімічного аналізу природної води?
35. Охарактеризуйте екологічні дослідження на водних об'єктах:
  - гідрохімічні дослідження в системі Загальнодержавної службі нагляду та контролю за станом природного середовища;
  - вибір місця відбору проб, об'єм аналітичних визначень у водоймищах різних типів;
  - пристрій та призначення польових гідрохімічних лабораторій;
  - автоматизовані та дистанційні методи контролю якості води;
  - техніка безпеки при гідрохімічних дослідженнях.

Після засвоєння теоретичних питань з розділу **1**, самостійної роботи з індивідуальними завданнями до практичних занять, студенти зможуть добре підготуватись до контрольної роботи – змістовного практичного модулю «ЗМ-П1».

До складу теоретичного і практичного модулів можуть входити декілька розрахункових завдань, що ілюструють можливості застосування теоретичних знань у практичній діяльності фахівця.

**Приклад 1.** Розрахуйте загальну твердість природної води, якщо на реакцію з солями твердості, які вміщувались у  $100 \text{ см}^3$  води, при титруванні потрібно було затратити  $4 \text{ см}^3$  розчину комплексна ІІІ (трилону Б) з концентрацією  $0,1 \text{ моль/дм}^3$ . Яку масу фосфату натрію  $\text{Na}_3\text{PO}_4$  потрібно додати у  $500 \text{ дм}^3$  води для її пом'якшення?

Розв'язання.

Загальну твердість води розраховують за формулою:

$$T = \frac{[T] \cdot V_T \cdot 1000}{V_{\text{H}_2\text{O}}};$$

де:  $[T]$  – концентрація титранта (розчину трилону Б), яка має значення  $0,1 \text{ моль/дм}^3$ ;

$V_T$  – об'єм титранта (розчину трилону Б),  $V_T = 4 \text{ см}^3$ ;

$V_{\text{H}_2\text{O}}$  – об'єм проби води,  $V_{\text{H}_2\text{O}} = 100 \text{ см}^3$ .

Тоді розраховують твердість у даній пробі води:

$$T = \frac{0,1 \times 4 \times 1000}{100} = 4 \text{ ммоль/дм}^3.$$

Таким чином, у  $1 \text{ дм}^3$  води вміщується  $4 \text{ ммоль}$  солей твердості, а в  $500 \text{ дм}^3$  води вміщується  $500 \cdot 4 / 1 = 2000 \text{ ммоль}$  еквівалентів солей, які обумовлюють її твердість.

Далі розрахуємо, яку масу фосфату натрію  $\text{Na}_3\text{PO}_4$  потрібно додати у  $500 \text{ дм}^3$  води для її пом'якшення.

Розрахуємо молярну масу еквіваленту фосфату натрію:

$$M_{\text{екв}} = 1/3 \cdot M(\text{Na}_3\text{PO}_4) = \frac{164}{3} = 54,7 \text{ г/моль} = 54,7 \text{ мг/ммоль}.$$

Тому для усунення твердості в  $500 \text{ дм}^3$  води потрібно додати таку масу фосфату натрію:

$$m(\text{Na}_3\text{PO}_4) = 2000 \cdot 54,7 = 109400 \text{ мг} = 109,4 \text{ г}.$$

Відповідь:  $T = 4 \text{ ммоль/дм}^3$ ;  $m(\text{Na}_3\text{PO}_4) = 109,4 \text{ г}$ .

**Приклад 2.** Використовуючи дані таблиці 1.1, розрахуйте кларки концентрації і кларки розсіювання елементів для магматичної породи і піщаника. Побудуйте графіки геохімічних спектрів порід.

Розв'язання. Розрахунок кларків концентрації і розсіювання для 2-х з наведених в табл. 2.1 гірських порід проводимо за формулами:

$$KK = \frac{C_i}{K}, \quad KP = \frac{K}{C_i},$$

де  $C_i$  - вміст в породах,  $K$  - кларк літосфери.

Результати розрахунків КК и КР приведені в табл. 1.2

При побудові геохімічних спектрів один з об'єктів, що вивчаються, береться за еталонний (зазвичай той, який по складу ближче до земної кори). Величини КК і КР для еталонної гірської породи розташовуються в порядку їх убавання (для КК) і зростання (для КР) і записуються у вигляді псевдодробу, в чисельнику якої вказаний елемент, в знаменнику – КК або КР. Для приведених в табл. 2.2 порід еталонною є магматична порода, для якої ранжируваний ряд виглядає таким чином:

КК: As/2,6 > Sr/1,5 > Pb,V/1;

КР: Cu/1,1 < Ba/1,4 < Co/1,5 < Cr/1,7 < Zr/1,9 < Zn/2,6 < Ni/2,8 < Mo/8,5.

Таблиця 2.1 – Вміст елементів у породах і літосфері, мг/кг

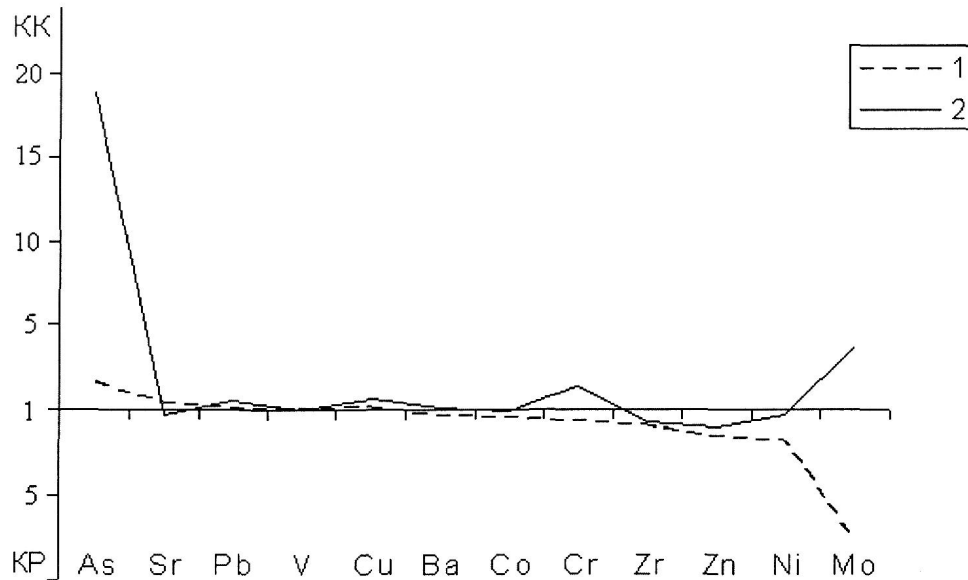
Вміст елементів	V	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	As	Sr	Zr	Mo	Ba	Pb
В літосфері (за Виноградовим)	90	83	18	58	47	83	1,7	340	170	1,1	650	16
В магматичній породі	94,3	49,3	11,9	20,9	44,5	32,5	4,4	500	91,3	0,13	461,2	16,3
В піщаниках	89,2	196,6	17,1	43,5	78,3	42,2	33,7	262,7	100,9	5,3	728,7	25,4

Побудова графіка геохімічного спектру починається з відображення на ньому величин КК і КР еталонної системи. По осі ординат розташовуються значення КК (вгору) і КР (вниз) від величини КК = 1.

Таблиця 2.2 – Кларки концентрації і розсіювання елементів в породах

Елементи	Вміст в літосфері	Магматична порода		Піщаник	
		$C_i$	КК(КР)	$C_i$	КК(КР)
V	90	94,3	КК = 1,0	89,2	КК = 1,0
Cr	83	49,3	КР = 1,7	196,6	КК = 2,4
Co	18	11,9	КР = 1,5	17,1	КР = 1,1
Ni	58	20,9	КР = 2,8	43,5	КР = 1,3
Cu	47	44,5	КР = 1,1	78,3	КК = 1,7
Zn	83	32,5	КР=2,6	42,2	КР = 2,0
As	1,7	4,4	КК = 2,6	33,7	КК = 19,8
Sr	340	500	КК = 1,5	262,7	КР = 1,3
Zr	170	91,3	КР = 1,9	100,9	КР = 1,7
Mo	1,1	0,13	КР = 8,5	5,3	КК = 4,8
Ba	650	461,2	КР = 1,4	728,7	КК = 1,1
Pb	16	16,3	КК = 1,0	25,4	КК = 1,6

По осі абсцис через рівні інтервали проставляються символи хімічних елементів в порядку ранжирування еталонного об'єкта. В результаті спектр еталонної гірської породи має вид монотонної кривої, що зменшується і наочно відображує міру збагаченості (над віссю абсцис) або збідненості порід елементами (під віссю абсцис). Лінії спектрів інших порід мають ламаний вигляд, що дозволяє виділити асоціації елементів накопичення і розсіювання щодо еталонного об'єкту (рис. 2.1).

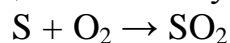


1 - магматична порода; 2 - піщаник

Рис. 2.1 - Геохімічні спектри порід

**Приклад 3.** Теплові електростанції є одними з головних джерел емісії  $\text{SO}_2$  і  $\text{NO}_x$  в атмосферу. Визначте мольне співвідношення діоксиду сульфуру та монооксиду нітрогену, які надходять в атмосферу протягом доби з викидами теплової електростанції, що працює на вугіллі. Вміст Сульфуру у вугіллі дорівнює 1,5 % (мас). За добу на станції спалюється 10 тис. т вугілля. Концентрація монооксиду Нітрогену в газових викидах становить  $1,5 \cdot 10^2$  % (об.). Для спалення вугілля подається стехіометрично необхідна кількість повітря. Вважати що вугілля містить в якості домішок тільки Сульфур.

Розв'язання: Поява діоксиду сульфуру у викидах ТЕС пов'язана з процесом окиснення сполук Сульфуру, що міститься у вугіллі при його спалюванні:



Кількість Сульфуру, що спалюється за добу на станції становить:

$$m_s = m_{\text{вугілля}} \cdot \alpha_s$$

де  $m_s$  та  $m_{\text{вугілля}}$  - маса Сульфуру та вугілля, що спалюється на станції за добу;  $\alpha_s$  - масова частка Сульфуру у вугіллі.

$$m_s = 10000 \cdot 0,015 = 150 \text{ (т/д)}.$$

Кількість моль діоксиду сульфуру, що утворюється в процесі горіння вугілля, дорівнює кількості моль Сульфуру, що міститься у вугіллі, і становить:

$$N_{\text{SO}_2} = N_s = m_s / M_s,$$

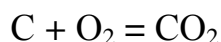
де  $M_s$  - молярна маса Сульфуру, г/моль.

$$N_{\text{SO}_2} = 150 \cdot 10^6 / 32 = 4,69 \cdot 10^6 \text{ (моль/д)}.$$

Для визначення кількості молів монооксиду нітрогену, що утворюється в процесі горіння вугілля необхідно знайти загальну кількість моль, що містяться вихідних продуктах ( $N_{\text{заг}}$ ). Ця величина буде визначатися кількістю молів азоту  $N_{\text{N}_2}$ , що міститься в повітрі, яке необхідне для окиснення вугілля та Сульфуру, кількістю молів діоксиду карбону  $N_{\text{CO}_2}$ , що утворюється при горінні вугілля, і кількістю молів діоксиду сульфуру  $N_{\text{SO}_2}$ :

$$N_{\text{заг}} = N_{\text{N}_2} + N_{\text{CO}_2} + N_{\text{SO}_2}.$$

Процес горіння вугілля можна представити рівнянням:



Кожну добу на станції спалюється 10000 т вугілля, яке за умовою задачі складається з 150т Сульфуру та 9850 т Карбону. Кількість молів Карбону, які спалюються на станції за добу становить:

$$N_C = m_C / M_C,$$

де  $M_C$  - молярна маса Карбону, г/моль.

$$N_C = 9850 \cdot 10^6 / 12 = 8,21 \cdot 10^8 \text{ (моль/д)}.$$

З кожного молю Карбону утворюється 1моль діоксиду карбону та витрачається як і при окисненні Сульфуру 1моль кисню із повітря. Тому загальна кількість молів кисню, що витрачається в процесі горіння вугілля становить:

$$N_{\text{O}_2} = N_{\text{O}_2} \text{ (на окиснення Сульфуру)} + N_{\text{O}_2} \text{ (на окиснення Карбону)};$$

$$N_{\text{O}_2} = 4,69 \cdot 10^6 + 8,21 \cdot 10^8 = 8,26 \cdot 10^8 \text{ (моль/добу)}.$$

Оскільки в процесі спалювання вугілля використовується повітря, кисень з якого за умовою задачі буде повністю витрачатися на окиснення Сульфуру та Карбону, у вихідних газах залишиться лише азот, якщо не брати до уваги інші інертні гази та процес окиснення самого азоту. Кількість азоту можна визначити за відомим середнім складом повітря:

$$N_{N_2} = N_{O_2} \cdot \alpha_{N_2} / \alpha_{O_2}$$

$$N_{N_2} = 8,26 \cdot 10^8 \cdot 78,08 / 20,95 = 3,08 \cdot 10^9 \text{ (моль/добу).}$$

де:  $\alpha_{N_2}$  і  $\alpha_{O_2}$  - вміст азоту та кисню в повітрі відповідно.

Загальна кількість молів монооксиду нітрогену, що містяться у вихідних продуктах згорання вугілля складає:

$$N_{NO} = \alpha_{NO} \cdot N_{\text{заг}},$$

де  $\alpha_{NO}$  - об'ємна частка монооксиду нітрогену у вихідних газах.

$$N_{NO} = 1,510^{-4} \cdot (3,08 \cdot 10^9 + 8,21 \cdot 10^8 + 4,69 \cdot 10^6) = 5,86 \cdot 10^5 \text{ (моль/добу).}$$

Мольне співвідношення діоксиду сульфуру і монооксиду нітрогену становить:

$$n = N_{NO_2} / N_{NO} = 4,69 \cdot 10^6 / (5,86 \cdot 10^5) = 8.$$

*Відповідь:* Мольне співвідношення діоксиду сульфуру та монооксиду нітрогену дорівнює 8.

**Приклад 4.** Визначити молярну концентрацію ( $C_M$ ), молярну концентрацію еквівалента ( $C_H$ ), моляльну концентрацію ( $C_m$ ) та титр ( $T$ ) 17 % розчину сірчаної кислоти, густина якої  $1,12 \text{ г/см}^3$ .

Розв'язання:

Знаючи густину розчину, можна скористатися формулами перерахунку концентрацій

$$C_M = \frac{\rho \cdot 1000 \cdot \omega}{M}, \quad C_H = \frac{\rho \cdot 1000 \cdot \omega}{M_{\text{екв}}}$$

$$M(H_2SO_4) = 98 \text{ г/моль}$$

$$M_{\text{екв}}(H_2SO_4) = f_{\text{екв}} \cdot M = 1/2 \cdot 98 = 49 \text{ г/моль}$$

Визначаємо молярну концентрацію розчину

$$C_M = \frac{1,12 \cdot 1000 \cdot 0,17}{98} = 1,94 \text{ моль/дм}^3$$

Визначаємо молярну концентрацію еквівалента розчину

$$C_H = \frac{1,12 \cdot 1000 \cdot 0,17}{49} = 3,88 \text{ моль/дм}^3$$

Рахуємо моляльну концентрацію розчину за формулою

$$C_m = \frac{m \cdot 1000}{M \cdot m_s}$$

де  $m$ ,  $m_s$  – маси речовини та розчинника

$$m_{\text{р-ка}} = m_{\text{розч-ну}} - m_{\text{реч.}} = 100 - 17 = 83 \text{ г.}$$

$$C_m = \frac{17 \cdot 1000}{98 \cdot (100 - 17)} = 2,09 \text{ моль/кг}$$

Титр визначаємо за формулою

$$T = \frac{C_H \cdot M_{\text{екв}}}{1000}; \quad \text{або} \quad T = \frac{C_M \cdot M}{1000}$$

$$T(H_2SO_4) = \frac{1,94 \cdot 98}{1000} = 0,1901 \text{ г/см}^3 \quad \text{або} \quad T = \frac{3,88 \cdot 49}{1000} = 0,1901 \text{ г/см}^3$$

Відповідь:  $C_M(H_2SO_4) = 1,94 \text{ моль/дм}^3$ ,  $C_H(H_2SO_4) = 3,88 \text{ моль/дм}^3$ ;  
 $C_m = 2,09 \text{ моль/кг}$ ;  $T(H_2SO_4) = 0,1901 \text{ г/см}^3$ .

**Приклад 5.** Розрахуйте рОН розчину а також концентрацію іонів  $H^+$  та  $OH^-$ , якщо водневий показник  $pH = 3,14$ .

Розв'язання: Концентрації іонів водню та гідроксиду виражають у вигляді логарифмів з оберненим знаком та називають ці величини водневим показником (рН) та показником іонів гідроксиду (рОН):

$$pH = -\lg[H^+]; \quad pOH = -\lg[OH^-].$$

Отже,  $pH + pOH = pK_b = 14$ , де  $pK_b = -\lg K_b = -\lg 10^{-14} = 14$ .

Тому рОН розчину розраховують за формулою:

$$pOH = 14 - pH = 14 - 3,14 = 10,96.$$

Для перерахунку рН в  $H^+$  та  $H^+$  в рН зручно користуватись таблицею 2.3. В нашому прикладі рН = 3,14. За мантисою 0,14 (яка міститься у стовпчику рН) знаходимо поряд у стовпчику ( $H^+$ ) коефіцієнт 0,725, який множимо на 10 у ступені, рівною характеристиці ( $Q=3$ ) з оберненим знаком. Тобто концентрація іонів водню дорівнює:

$$[H^+] = 0,725 \cdot 10^{-3} = 7,25 \cdot 10^{-4}.$$

Добуток концентрації іонів водню та гідроксид-іонів є величиною постійною при постійній температурі. Цю величину називають іонним добутком води (або константою води); чисельне його значення при  $22^\circ\text{C}$  дорівнює  $10^{-14} \text{ моль/дм}^3$ .

$$K_b = [H^+][OH^-] = 10^{-14} \text{ моль/дм}^3.$$

Тому концентрацію гідроксид-іонів розраховують за формулою:

$$[OH^-] = \frac{10^{-14}}{[H^+]} = \frac{1 \times 10^{-14}}{7,25 \times 10^{-4}} = 0,138 \cdot 10^{-10} = 1,38 \cdot 10^{-11} \text{ моль/дм}^3.$$

Відповідь:  $pOH = 10,96$ ;  $[H^+] = 7,25 \cdot 10^{-4} \text{ моль/дм}^3$ ;  
 $[OH^-] = 1,38 \cdot 10^{-11} \text{ моль/дм}^3$ .



Таблиця 2.3. - Перерахунок рН в  $[H^+]$  та навпаки ( $pH = -\lg[H^+]$ )

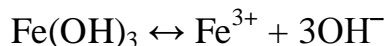
pH	$H^+$	pH	$H^+$	pH	$H^+$
Q 0,00	$1,000 \times 10^{-Q}$	Q 0,34	$0,457 \times 10^{-Q}$	Q 0,67	$0,214 \times 10^{-Q}$
0,01	0,977	0,35	0,447	0,68	0,209
0,02	0,955	0,36	0,437	0,69	0,204
0,03	0,933	0,37	0,427	0,70	0,200
0,04	0,912	0,38	0,417	0,71	0,195
0,05	0,891	0,39	0,407	0,72	0,191
0,06	0,871	0,40	0,398	0,73	0,186
0,07	0,851	0,41	0,389	0,74	0,182
0,08	0,832	0,42	0,380	0,75	0,178
0,09	0,813	0,43	0,372	0,76	0,174
0,10	0,794	0,44	0,363	0,77	0,170
0,11	0,776	0,45	0,355	0,78	0,166
0,12	0,759	0,46	0,347	0,79	0,162
0,13	0,741	0,47	0,339	0,80	0,158
0,14	0,725	0,48	0,331	0,81	0,155
0,15	0,709	0,49	0,324	0,82	0,151
0,16	0,692	0,50	0,316	0,83	0,148
0,17	0,676	0,51	0,309	0,84	0,144
0,18	0,661	0,52	0,302	0,85	0,141
0,19	0,646	0,53	0,295	0,86	0,138
0,20	0,631	0,54	0,288	0,87	0,135
0,21	0,617	0,55	0,282	0,88	0,132
0,22	0,603	0,56	0,275	0,89	0,129
0,23	0,589	0,57	0,269	0,90	0,126
0,24	0,575	0,58	0,263	0,91	0,123
0,25	0,562	0,59	0,257	0,92	0,120
0,26	0,549	0,60	0,251	0,93	0,117
0,27	0,537	0,61	0,245	0,94	0,115
0,28	0,525	0,62	0,240	0,95	0,112
0,29	0,513	0,63	0,234	0,96	0,110
0,30	0,501	0,64	0,229	0,97	0,107
0,31	0,490	0,65	0,224	0,98	0,105
0,32	0,479	0,66	0,219	0,99	0,102
0,33	0,468				

Примітка. Якщо треба знайти значення рН за відомим значенням концентрації водневих іонів  $[H^+]=0,123 \times 10^{-7}$ , то розрахунок ведуть таким чином: за коефіцієнтом 0,123 знаходимо у правій графі мантису 0,91, а за характеристику приймаємо показник ступеня, взятий з оберненим знаком. Тобто, рН=7,91.

**Приклад 6.** Розрахувати добуток розчинності (ДР) гідроксиду феруму (ІІІ)  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ , якщо відома розчинність, яка становить  $1,9 \cdot 10^{-10}$  моль/дм<sup>3</sup>.

Розв'язання:

Запишемо рівняння дисоціації  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ :



Як видно з рівняння, при розчиненні 1 моль  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  у розчин переходить 1 моль іонів  $\text{Fe}^{3+}$  та втричі більше моль  $\text{OH}^-$ .

Визначаємо концентрацію іонів  $\text{Fe}^{3+}$ :  $1,9 \cdot 10^{-10}$  моль/дм<sup>3</sup>.

Визначаємо концентрацію  $\text{OH}^-$  іонів:

$$3C_{\text{Fe}^{3+}} = 3 \cdot 1,9 \cdot 10^{-10} = 5,7 \cdot 10^{-10} \text{ моль/дм}^3$$

Розраховуємо добуток розчинності  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ :

$$\begin{aligned} \text{ДР}(\text{Fe}(\text{OH})_3) &= [\text{Fe}^{3+}] \cdot [\text{OH}^-]^3 = 1,9 \cdot 10^{-10} \cdot (5,7 \cdot 10^{-10})^3 = \\ &= 1,9 \cdot 10^{-10} \cdot 185 \cdot 10^{-30} = 3,5 \cdot 10^{-38} \end{aligned}$$

Відповідь:  $\text{ДР}(\text{Fe}(\text{OH})_3) = 3,5 \cdot 10^{-38}$ .

**Приклад 7.** Добуток розчинності йодиду плумбуму ( $\text{ДР}(\text{PbI}_2)$ ) при 20°C дорівнює  $8 \cdot 10^{-9}$ . розрахуйте розчинність (S) солі в моль/дм<sup>3</sup> та г/дм<sup>3</sup> за даною температурою.

Розв'язання:

Запишемо рівняння дисоціації  $\text{PbI}_2$ :



Позначимо розчинність як S (моль/дм<sup>3</sup>). Тоді у насиченому розчині  $\text{PbI}_2$  вміщується S моль/дм<sup>3</sup> іонів  $\text{Pb}^{2+}$  та 2S моль/дм<sup>3</sup> іонів  $\text{I}^-$ . Тому добуток розчинності солі дорівнює:

$$\text{ДР}(\text{PbI}_2) = [\text{Pb}^{2+}] \cdot [\text{I}^-]^2 = S \cdot (2S)^2 = 4S^3$$

А розчинність солі розраховуємо, як:

$$S = \sqrt[3]{\text{ДР}/4} = \sqrt[3]{8 \times 10^{-9}/4} = 1,3 \cdot 10^{-3} \text{ моль/дм}^3$$

Молярна маса солі  $M(\text{PbI}_2) = 461$  г/моль, тому розчинність солі в г/дм<sup>3</sup> розраховуємо таким чином:

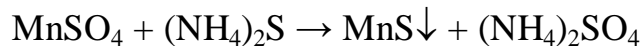
$$S = 1,3 \cdot 10^{-3} \text{ моль/дм}^3 \times 461 \text{ г/моль} = 0,6 \text{ г/дм}^3$$

Відповідь:  $S(\text{PbI}_2) = 1,3 \cdot 10^{-3}$  моль/дм<sup>3</sup>;  $S(\text{PbI}_2) = 0,6$  г/дм<sup>3</sup>.

**Приклад 8.** Чи випаде осад при змішуванні рівних об'ємів розчинів солі сульфат мангану з нормальною концентрацією  $C_n(\text{MnSO}_4) = 10^{-2}$  моль/дм<sup>3</sup> та солі сульфід амонію з концентрацією  $C_n((\text{NH}_4)_2\text{S}) = 2 \cdot 10^{-1}$  моль/дм<sup>3</sup>?

Розв'язання:

Запишемо рівняння реакції



Знайдемо у додатку 3 табличне значення добутку розчинності  $\text{MnS}$ , яке становить:

$$D.P(\text{MnS}) = 5,6 \cdot 10^{-16}$$

Визначаємо молярні концентрації ( $C_m$ ) розчинів, враховуючи фактори еквівалентів солей:

$$\begin{aligned} C_n(\text{MnSO}_4) &= 10^{-2} \text{ моль/дм}^3, & \text{то } C_m(\text{MnSO}_4) &= 1/2 \cdot \\ C_n &= 1/2 \cdot 1 \cdot 10^{-2} = 0,5 \cdot 10^{-2} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ моль/дм}^3. \\ C_n((\text{NH}_4)_2\text{S}) &= 2 \cdot 10^{-1} \text{ моль/дм}^3, & \text{то } C_m((\text{NH}_4)_2\text{S}) &= 1/2 \cdot 2 \cdot 10^{-1} = 10^{-1} \text{ моль/дм}^3 \end{aligned}$$

Але при змішуванні речовин загальний об'єм розчину став вдвічі більше, тому концентрація іонів  $\text{Mn}^{2+}$  та  $\text{S}^{2-}$  зменшується вдвічі і становить:

$$\begin{aligned} C_{\text{Mn}^{2+}} &= 1/2 \cdot 5 \cdot 10^{-3} = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ моль/дм}^3 \\ C_{\text{S}^{2-}} &= 1/2 \cdot 1 \cdot 10^{-1} = 5 \cdot 10^{-2} \text{ моль/дм}^3 \end{aligned}$$

Знайдемо добуток концентрацій солі  $\text{MnS}$

$$[\text{Mn}^{2+}] \cdot [\text{S}^{2-}] = 2,5 \cdot 10^{-3} \cdot 5 \cdot 10^{-2} = 12,5 \cdot 10^{-5} = 1,25 \cdot 10^{-4}$$

Якщо  $[\text{Mn}^{2+}] \cdot [\text{S}^{2-}] > D.P(\text{MnS})$ , то випадає осад

$$1,25 \cdot 10^{-4} > 5,6 \cdot 10^{-16}$$

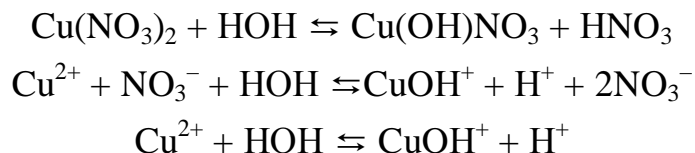
Відповідь: при змішуванні рівних об'ємів розчинів  $\text{MnSO}_4$  та  $(\text{NH}_4)_2\text{S}$  випадає осад, тому що добуток концентрацій іонів більше ніж добуток розчинності  $\text{MnS}$ .

**Приклад 9.** Складіть рівняння гідролізу солі  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$  в молекулярному та іонно-молекулярному виді, визначити константу та ступінь гідролізу, розрахувати значення рН та зробити висновок про характер кислотно-лужного середовища водного розчину солі. Молярна концентрація розчину солі  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$  дорівнює 0,01 моль/дм<sup>3</sup>.

Розв'язання:

$\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$  – сіль, яка утворена слабкою основою та сильною кислотою. Гідроліз завжди йде з утворенням слабого електроліту, тобто

слід очікувати утворення слабкої основи – гідроліз по катіону. Іони срібла будуть зв'язувати гідроксид-іони води, а іони водню будуть накопичуватися. Надлишок іонів водню в розчині відповідає кислому середовищу –  $\text{pH} < 7$ .



Кислу реакцію розчину визначають за допомогою індикатора – лакмусу. Розчин забарвлюється в червоний колір.

Константу гідролізу за катіоном визначають за формулою:

$$K_2 = \frac{K_{\text{H}_2\text{O}}}{K_{\text{MOH}}} = \frac{K_{\text{H}_2\text{O}}}{K_{\text{Cu}(\text{OH})_2}} = \frac{10^{-14}}{3,4 \cdot 10^{-7}} = 3 \cdot 10^{-7}$$

Константа дисоціації становить  $K_{\text{д}}(\text{Cu}(\text{OH})_2) = 3,4 \cdot 10^{-7}$  (див. табл. 2.4.)

Ступінь гідролізу ( $h_{\text{r}}$ ) – це доля електроліту, яка піддалась гідролізу. Вона зв'язана з константою гідролізу рівнянням, яке аналогічно закону розбавлення Оствальда для дисоціації слабких електролітів:

$$K_{\text{Г}} = h_{\text{r}}^2 \times C_{\text{м}}, \quad \text{тобто} \quad h_{\text{r}} = \sqrt{K_{\text{Г}} / C_{\text{м}}}$$

Визначаємо ступінь гідролізу:

$$h_{\text{r}} = \sqrt{3 \times 10^{-7} / 10^{-2}} = 5,5 \times 10^{-2}.$$

Водневий показник ( $\text{pH}$ ) розчину солі, що утворений сильною кислотою та слабкою основою, визначають за формулою

$$\text{pH} = 7 + 1/2 \times \lg K_{\text{осн.}} - 1/2 \times \lg C_{\text{м}} = 7 - 1/2 \times \text{p}K_{\text{осн.}} - 1/2 \times \lg C_{\text{м}};$$

де:  $\text{p}K_{\text{осн.}} = -\lg K_{\text{осн.}}$   $\text{pH} = 7 - 1/2 \times 3 - 1/2 \times 10^{-2} = 7 - 1,5 - 0,005 = 5,495$ .

Відповідь: гідроліз по катіону йде з утворенням слабкої основи  $\text{Cu}(\text{OH})_2$ ; реакція розчину кисла,  $\text{pH} = 5,495$ ;  $K_{\text{Г}} = 3,0 \cdot 10^{-7}$ ;  $h_{\text{r}} = 5,5 \times 10^{-2}$ .

Таблиця 2.4 - Константи дисоціації деяких слабких електролітів

Назва		Формула	$K_d$	$pK = -\lg K_d$
Нітритна кислота		$\text{HNO}_2$	$6,9 \cdot 10^{-4}$	3,16
Борна кислота		$\text{H}_3\text{BO}_3$	$7,1 \cdot 10^{-10}$	9,15
Германієва кислота	$K_1$	$\text{H}_4\text{GeO}_4$	$7,9 \cdot 10^{-10}$	9,10
	$K_2$		$2,0 \cdot 10^{-13}$	12,7
Селенідна кислота	$K_1$	$\text{H}_2\text{Se}$	$1,3 \cdot 10^{-4}$	3,89
	$K_2$		$1,0 \cdot 10^{-11}$	11,0
Сульфитна кислота	$K_1$	$\text{H}_2\text{SO}_3$	$1,4 \cdot 10^{-2}$	1,85
	$K_2$		$6,2 \cdot 10^{-8}$	7,20
Сульфідна кислота	$K_1$	$\text{H}_2\text{S}$	$1,0 \cdot 10^{-7}$	6,99
	$K_2$		$2,5 \cdot 10^{-13}$	12,60
Карбонатна кислота	$K_1$	$\text{H}_2\text{CO}_3 \leftrightarrow$	$4,5 \cdot 10^{-7}$	6,35
	$K_2$	$\text{CO}_2 (\text{p}) + \text{H}_2\text{O}$	$4,8 \cdot 10^{-11}$	10,32
Оцтова кислота		$\text{CH}_3\text{COOH}$	$1,74 \cdot 10^{-5}$	4,76
Метафосфатна кислота	$K_1$	$\text{H}_3\text{PO}_3$	$3,1 \cdot 10^{-2}$	1,51
	$K_2$		$1,6 \cdot 10^{-7}$	6,79
Гіпохлоритна кислота		$\text{HClO}$	$2,95 \cdot 10^{-8}$	7,53
Ціанідна кислота		$\text{HCN}$	$5,0 \cdot 10^{-10}$	9,30
Алюмінію гідроксид	$K_3$	$\text{Al}(\text{OH})_3$	$1,38 \cdot 10^{-9}$	8,86
Аміаку розчин (амонію гідроксид)		$\text{H}_3\text{N} + \text{H}_2\text{O}$ $\text{NH}_4\text{OH}$	$1,76 \cdot 10^{-5}$	4,755
Феруму (II) гідроксид	$K_2$	$\text{Fe}(\text{OH})_2$	$1,3 \cdot 10^{-4}$	3,89
Феруму (III) гідроксид	$K_2$	$\text{Fe}(\text{OH})_3$	$1,82 \cdot 10^{-11}$	10,74
	$K_3$		$1,35 \cdot 10^{-12}$	11,87
Магнію гідроксид	$K_2$	$\text{Mg}(\text{OH})_2$	$2,5 \cdot 10^{-3}$	2,6
Мангану (II) гідроксид	$K_2$	$\text{Mn}(\text{OH})_2$	$5,0 \cdot 10^{-4}$	3,30
Купруму (II) гідроксид		$\text{Cu}(\text{OH})_2$	$3,4 \cdot 10^{-7}$	6,47
Плюмбуму (II) гідроксид	$K_1$	$\text{Pb}(\text{OH})_2$	$9,55 \cdot 10^{-4}$	3,02
	$K_2$		$3,0 \cdot 10^{-8}$	7,52
Аргентуму гідроксид		$\text{AgOH}$	$5,0 \cdot 10^{-3}$	2,30
Цинку гідроксид	$K_2$	$\text{Zn}(\text{OH})_2$	$4,0 \cdot 10^{-5}$	4,4

### **2.2.2 Питання до самоконтролю студентів після вивчення тем теоретичного змістовного модулю «ЗМ-Л2»**

- 1.** Умови формування хімічного складу ґрунтів та їх класифікація.
- 2.** Головні та другорядні, прямі та опосередковані фактори впливу на літосферу: фізико-географічні фактори, геологічні фактори, фізико-хімічні фактори, біологічні фактори, антропологічні фактори. Природні ґрунти – багатокomпонентна система. Будова і склад літосфери. Основні теорії формування сучасної Землі.
- 3.** Вплив природних умов на якісний та кількісний вміст макро- і мікроелементів. Макроелементи. Біогенні елементи.
- 4.** Радіоактивність природних ґрунтів. Органічні речовини, які забруднюють ґрунти. Родючість ґрунту та проблеми його збереження.
- 5.** Глобальні екологічні явища і приклади аналізу токсикантів, негативного впливу токсичних речовин на ґрунти.
- 6.** Властивості ґрунту, фізико-хімічні процеси в ґрунтах, як складової частини ландшафту та життєвого простору.
- 7.** Антропогенні та кислотні забруднення ґрунту, основні хімічні наслідки забруднення та їх вплив на розвиток рослин.
- 8.** Глобальні екологічні явища і приклади аналізу негативного впливу токсичних речовин на природу.
- 9.** Речовини, які розповсюджені у навколишньому середовищі та негативно впливають на нього.
- 10.** Продукти харчування і харчові добавки.
- 11.** Токсичність предметів побуту, продуктів харчування, харчових добавок. Види і характеристика ГМО.
- 12.** Токсини природного походження.
- 13.** Хімічні катастрофи та екологія.
- 14.** Радіоактивність. Джерела штучної радіонуклідної активності в природному середовищі. Радіоекологія.
- 15.** Ядерна зброя і ядерний вибух. Атомні електростанції.
- 16.** Методи знешкодження радіоактивного впливу на навколишнє середовище.

Після засвоєння теоретичних питань з розділу 2, самостійної роботи за індивідуальними завданнями до практичних занять, студенти зможуть добре підготуватись до семестрової контрольної роботи та змістовного практичного модулю «ЗМ-П2».

Студенти повинні вміти:

- визначати основні біогеохімічні характеристики біогенних і забруднюючих речовин (коефіцієнт біологічного поглинання, міграційні потенціали Картледжа, біофільність);

- складати рівняння екологічних процесів, які відбуваються під час природних кругообігів хімічних елементів;
- визначати концентрацію водорозчинних солей в ґрунті;
- знати умови формування хімічного складу ґрунтів;
- визначати чинники, що впливають на інтенсивність фізико-хімічних процесів в ґрунті;
- давати характеристику буферної здатності ґрунтів та її значення;
- знати, які речовини можна використовувати для розкислення ґрунтів;
- характеризувати інтенсивність та напрямок окисно-відновних процесів у ґрунті та визначати фактори, що визначають окисно-відновний потенціал його ;
- визначати величину ємності катіонного об'єму ґрунтів;
- розраховувати основні показники екологічного стану території за геохімічними показниками;
- характеризувати стадії трансформації екосистем під впливом техногенезу та знати геохімічні чинники за якими проводиться оцінка екологічної ситуації;
- характеризувати основні природні фактори, які визначають самоочищення ландшафтів;
- вміти давати екологічну класифікацію якості води річки за показниками та індексом забрудненості води;
- знати методика проведення розрахунку антропогенного навантаження і оцінки екологічного стану річки та її басейну за системною моделлю «Басейн малої річки».

Нижче наведені поради щодо виконання завдань практичного змістовного модулю та приклади розв'язку задач.

- Для самостійної підготовки до «ЗМ-П2» студенти можуть користуватись основною літературою [1] с. 57-59; [4] с.47-49; [9] с. 113-121; [10] с. 10-14, 19-23, 32-47; [13] с. 15-40; [14] с. 100-127]та додатковою літературою [15] с. 209-233; [20] с. 49-66; [25] с. 48-56; [27] с. 99-125.
- Для самостійної підготовки до «ЗМ-П2» студенти можуть користуватись такими джерелами: основна література [1] с. 84-85, 91-94; [2] с. 103-114; [4] с. 49-53; додаткова література [15] с. 446-460, 477-487.
- Для підготовки до семестрової контрольної роботи необхідно повторити основний теоретичний матеріал за конспектом лекцій та переглянути методи і приклади розрахунків в екологічній хімії та екоотоксикології

**Приклад 10.** В 100 г дерново-підзолистого ґрунту в поглиненому стані міститься 240 мг рухомого Кальцію, 26 мг Магнію, 3,6 мг амонію, 1 мг рухомого Гідрогену і 2,7 мг Алюмінію. Розрахуйте ємність катіонного обміну.

Розв'язання: Ємність катіонного обміну (ЄКО) розраховуємо за формулою:

$$\text{ЄКО} = \frac{1}{m_n} \sum \left( \frac{m_i}{M_i} \cdot k \right),$$

де  $m_i$  – маса іонів в наважці, г;

$M_i$  – молярна маса іонів, г/моль;

$m_n$  – маса наважки, кг;

$k$  – коефіцієнт, що ураховує величину заряду відповідного іона;

$$\begin{aligned} \text{ЄКО} &= \frac{1}{0,1} \left( \frac{240 \cdot 10^{-3}}{40} \cdot 2 + \frac{26 \cdot 10^{-3}}{24} \cdot 2 + \frac{3,6 \cdot 10^{-3}}{18} \cdot 1 + \frac{1,0 \cdot 10^{-3}}{1} \cdot 1 + \frac{2,7 \cdot 10^{-3}}{27} \cdot 3 \right) = \\ &= 16 \cdot 10^{-2} \text{ (моль зар./кг ґрунту)} = 16 \text{ (смоль зар./кг ґрунту)}. \end{aligned}$$

*Відповідь:* ЄКО = 16 смоль зар./кг ґрунту.

**Приклад 11.** Уявіть, що чистий гумус має  $60 \cdot 10^{-2}$  моль карбоксильних груп на 1 кг, при чому усі вони мають  $pK = 4,0$ . Розрахуйте долю груп, які продисоціювали при  $pH = 3$ . Для фракцій, що продисоціювали, розрахуйте заряд, зв'язаний з гумусом, при даному значенні  $pH$ .

Розв'язання: Карбоксильні групи дисоціюють за наступною реакцією



Відповідно з цим рівнянням константа дисоціації визначається наступним співвідношенням:

$$K = \frac{[\text{RCOO}^-] \cdot [\text{H}^+]}{[\text{RCOON}]}$$

де  $[\text{RCOO}^-]$ ,  $[\text{H}^+]$ ,  $[\text{RCOON}]$  – рівноважні концентрації.

Приймемо, що  $x$  - рівноважна концентрація карбоксильних груп  $\text{RCOO}^-$ , що продисоціювали. Тоді у відповідності з хімічним рівнянням, вираз для константи дисоціації можна записати наступним чином

$$K = \frac{x \cdot [\text{H}^+]}{C_{\text{RCOON}}^0 - x},$$

звідки:

$$x = \frac{K \cdot C_{\text{RCOON}}^0}{[\text{H}^+] + K}$$



де  $C^{\circ}_{\text{RCOON}}$  – вихідна концентрація карбоксильних груп.

Як видно з формули, концентрація карбоксильних груп, що продисоціювали, залежить від концентрації присутніх в системі іонів Гідрогену (рН).

При рН = 3 концентрація  $[\text{H}^+] = 10^{-3}$  М, а концентрація  $[\text{RCOO}^-]$  складає:

$$[\text{RCOO}^-] = 10^{-4} \cdot 60 \cdot 10^{-2} / (10^{-3} + 10^{-4}) = 5,5 \cdot 10^{-2} \text{ (моль/кг)}.$$

Доля карбоксильних груп, що про дисоціювали при рН = 3, є відношення концентрації  $[\text{RCOO}^-]$  до вихідної концентрації карбоксильних груп.

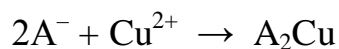
$$w = \frac{[\text{RCOO}^-]}{C^{\circ}_{\text{RCOON}}};$$
$$w = \frac{5,5 \cdot 10^{-2}}{60 \cdot 10^{-2}} = 0,09.$$

Оскільки заряд, зв'язаний з гумусом, визначається карбоксо-аніоном, а загальна величина заряду визначається його концентрацією, то шуканий заряд зв'язаний з карбоксильними групами при рН = 3 дорівнює  $5,5 \cdot 10^{-2}$  моль зар./кг.

*Відповідь:* при рН = 3 доля карбоксильних груп, що продисоціювали складає 0,09; заряд зв'язаний з гумусом складе  $5,5 \cdot 10^{-2}$  моль зар./кг.

**Приклад 12.** Доза Купруму, рекомендована для внесення в конкретний ґрунт, складає 115 мг/кг ґрунту. Якщо ґрунт містить 2,5 % гумусу з негативним зарядом 65 моль зар./кг гумусу і увесь Купрум міцно зв'язується гумусом при утворенні хелатних комплексів, який відсоток заряду гумусу нейтралізується?

*Розв'язання:* у відповідності з умовою задачі в ґрунті протікає наступна реакція



Таким чином, розв'язання задачі зводиться до визначення витрат одного із реагентів. Кількість молів Купруму, яка рекомендована для внесення в ґрунт, дорівнює:

$$n_{\text{cu}} = \frac{m}{M}$$

де  $m$  – маса Купруму, яка вноситься в ґрунт, г/кг ґрунту;

$M$  – молярна маса атомів Купруму, г/моль.

$$n_{\text{cu}} = \frac{115 \cdot 10^{-3}}{63,5} = 1,8 \cdot 10^{-3} \text{ (моль/кг ґрунту)}$$

Оскільки заряд катіону Купруму дорівнює +2, то сумарний заряд, який вноситься з Купрумом ( $q_{\text{зар}}$ ), буде дорівнювати подвійному числу молів атомів Купруму і складе  $1,8 \cdot 10^{-3} \cdot 2 = 3,6 \cdot 10^{-3}$  моль зар./кг. Заряд зв'язаний з гумусом ( $q_{\text{грунту}}$ ), складає:

$$q_{\text{грунту}} = m_{\text{гум}} \cdot q_{\text{гум}}$$

де  $m_{\text{гум}}$  - маса гумусу в 1 кг ґрунту, г;

$q_{\text{гум}}$  - заряд, зв'язаний з гумусом, що міститься в 1 кг ґрунту.

$$q_{\text{грунту}} = 0,025 \cdot 65 = 1,625 \text{ (моль зар./кг ґрунту)}$$

Відсоток який компенсувався зарядом ( $w$ ) складає:

$$w = \frac{3,6 \cdot 10^{-3}}{1,625} \cdot 100 = 0,22 \text{ (\%)}$$

*Відповідь:* нейтралізується 0,22 % заряду гумусу.

**Приклад 13.** Ємність катіонного обміну ґрунту складає 25 смоль зар./кг. 65 % ЄКО обумовлені іонами  $\text{H}^+$  і  $\text{Al}^{3+}$ . Розрахуйте кількість вапна (г  $\text{CaCO}_3$ /кг ґрунту), яка необхідна для нейтралізації цієї обмінної кислотності.

Розв'язання: Згідно умови задачі, кількість зарядів ( $q$ ), обумовлена іонами  $\text{H}^+$  і  $\text{Al}^{3+}$ , складає:

$$q = \text{ЄКО} \cdot w$$

де  $w$  – частка заряду, обумовлена іонами  $\text{H}^+$  і  $\text{Al}^{3+}$ ;

$$q = 25 \cdot 10^{-2} \cdot 0,65 = 16,25 \cdot 10^{-2} \text{ (моль зар./кг ґрунту)}.$$

Необхідна кількість  $\text{CaCO}_3$  для нейтралізації з урахуванням того факту, що іони Кальцію несуть заряд (+2), визначається з наступної рівності:

$$\frac{1}{2} q = n_{\text{CaCO}_3} = \frac{m_{\text{CaCO}_3}}{M_{\text{CaCO}_3}}$$

Звідси

$$m_{\text{CaCO}_3} = \frac{q \cdot M_{\text{CaCO}_3}}{2};$$

$$m_{\text{CaCO}_3} = \frac{16,25 \cdot 10^{-2} \cdot 100}{2} = 8,1 \text{ (г/кг ґрунту)}.$$

*Відповідь:* для нейтралізації обмінної кислотності необхідне 8,1 г  $\text{CaCO}_3$ /кг ґрунту.

**Приклад 14.** Для ґрунту з буферною ємністю  $БЄ = 22$  ммоль  $H^+/(кг \cdot pH)$  розрахуйте буферну ємність в  $кг H^+/(га \cdot H)$ , вважаючи, що маса 1 га ґрунту дорівнює 2500 т. Якщо початковий ґрунт мав  $pH_1 = 5,0$ , визначте  $pH$  ґрунту після надходження іонів  $H^+$  з атмосфери і продукування їх в ґрунті в кількості до  $3,5$   $кг H^+/(га \cdot рік)$  протягом 10 років ( $pH_2$ ) і  $pH$  ґрунту ( $pH_3$ ) після наступного внесення  $3,2$  т/га вапняку, нейтралізуюча здатність якого складає 80%.

Розв'язання: Розрахуємо, з урахуванням зміни розмірності, буферну ємність:

$$БЄ[кг H^+/(га \cdot pH)] = БЄ[моль H^+/(кг \cdot pH)] \cdot m_{\text{ґрунту}} \cdot M_H;$$

де  $БЄ$  – буферна ємність ґрунту, моль  $H^+/(кг \cdot pH)$ ;

$m_{\text{ґрунту}}$  – маса ґрунтового шару площею 1 га, кг;

$M_H$  – молярна маса атомів Гідрогену,  $кг/моль$ .

$$БЄ = 22 \cdot 10^{-3} \cdot 2500 \cdot 10^3 \cdot 10^{-3} = 55 [кг H^+/(га \cdot pH)].$$

Визначення  $pH$  ґрунту ґрунтується на рівнянні балансу з урахуванням продукування і надходження іонів Гідрогену з різних джерел. Маса іонів Гідрогену ( $m_H^+$ ), що надійшли в ґрунт, відповідно до умови задачі повинна дорівнювати:

$$m_H^+ = БЄ \cdot (pH_1 - pH_2).$$

Звідси можна отримати значення  $pH_2$ :

$$pH_2 = pH_1 - \frac{m_H^+}{БЄ}$$

$$pH_2 = 5 - \frac{3,5 \cdot 10}{55} = 4,4$$

На цій стадії внесення  $3,2$  т  $CaCO_3$  на 1 га ґрунту приводить до підвищення  $pH$  ґрунту до  $pH_3$ :

$$m_{CaCO_3} \cdot w = БЄ \cdot k \cdot (pH_1 - pH_2),$$

де  $k$  – коефіцієнт, що враховує величину заряду іона Кальцію, а також перерахунок буферної ємності за Гідрогеном на карбонат кальцію (див. приклад 12);

$w$  – враховує реальну нейтралізуючу здатність карбонату кальцію.

Звідси отримуємо:

$$pH_3 = \frac{m_{CaCO_3} \cdot w}{БЄ \cdot \frac{1}{2} \cdot M_{CaCO_3} + pH_2}$$

$$pH_3 = \frac{3,2 \cdot 10^3 \cdot 0,8}{55 \cdot \frac{1}{2} \cdot 100 + 4,4} = 5,3$$

*Відповідь:*  $БЄ = 55$   $кг H^+/(га \cdot pH)$ ;  $pH_2 = 4,4$ ;  $pH_3 = 5,3$ .

Після засвоєння теоретичних питань, виконання практичних завдань, самостійної роботи, підготовки до контрольної роботи – змістовного практичного модулю «ЗМ-П2» студенти повинні вміти:

- обробляти результати хімічного аналізу природних вод, ґрунтів, харчових продуктів, речовин, що використовують в побуті
- виражати концентрацію головних іонів в:  
а) моль/дм<sup>3</sup>; б) мг-екв/дм<sup>3</sup>; в) % екв; г) г/дм<sup>3</sup> д) млн.<sup>-1</sup>.
- класифікувати природну воду за її хімічним складом, за ступенем забруднення токсичними речовинами і важкими металами;
- визначати загальну мінералізацію природної води (мг/дм<sup>3</sup>) та класифікувати її за ступенем мінералізації;
- розраховувати загальну, тимчасову та постійну твердість води (ммоль/дм<sup>3</sup>) використовуючи дані хімічного аналізу;
- визначати методи пом'якшення води та порівнювати ці методи за глибиною пом'якшення та економічними показниками;
- робити висновки про походження, доцільність застосування та можливість очищення даного типу природної води за гідрохімічним аналізом та проведеними розрахунками.
- визначати фактори, що впливають на хімічний склад ґрунтів, оцінювати роль біологічного кругообігу у формуванні хімічного складу ґрунтів.
- характеризувати головні особливості фізико-хімічних процесів, що відбуваються в ґрунті та чинники, які на них впливають.
- давати характеристику буферної здатності ґрунтів та її значення.
- визначати ємність катіонного обміну ґрунту.
- складати схеми реакцій, визначати можливі негативні наслідки для ґрунтів.
- визначати фактори, що впливають на окисно-відновний потенціал ґрунту.

Для самостійної підготовки до «ЗМ-П2», крім конспекту лекцій та лабораторного журналу, студенти можуть користуватись основною літературою [1] с. 50-60, 290-292; [3] с. 119-130, 372-380 та додатковою літературою [16] с. 171- 181.

## **Приклади завдань до теоретичного модуля ЗМ-Л1**

### **Варіант 1**

1. Надати пояснення основним термінам екологічної хімії та токсикології (ксенобіотики, полютанти, токсиканти, важкі метали тощо).
2. Поясніть які є класифікації токсикантів. Які основні принципи нормування шкідливих речовин?

3. Що таке токсичні речовини? На які види вони поділяються? Як можна охарактеризувати «вибіркову токсичність»? Що таке кумулятивний ефект токсиканта?
4. Кругообіг Нітрогену у природі. Умови утворення та розчинності нітратів.
5. Які існують форми і способи виразу результатів аналізу природних вод, ґрунтів і повітря?

### **Варіант 2**

1. Які речовини, називають біогенними? В якій формі вони існують? Мікроелементи та їх роль у життєвих процесах біосфери.
2. Що називають радіоактивністю природних вод і ґрунтів?
3. Які основні джерела викидів в атмосферу? Як може впливати забруднення повітря на рослини та людину? В чому різниця між двома видами фотохімічного смогу? Які хімічні сполуки і яким чином сприяють парниковому ефекту?
4. Кругообіг Фосфору у природі. Умови утворення та розчинності фосфатів.
5. Які рівноважні системи існують у природних системах? Процеси самоочищення природних вод і ґрунтів. Яка роль ПАР в евтрофікації водойм?

### **Варіант 3**

1. Які класифікації природних вод та ґрунтів за хімічним складом поширені в екологічній практиці?
2. Які основні полютанти атмосфери, літосфери і гідросфери?
3. Охарактеризуйте хімічний склад атмосферних опадів: мінералізація та головні іони, концентрація іонів водню, вміст біогенних елементів, вміст радіоактивних елементів.
4. Кругообіг Сульфуру в природі. Умови утворення та розчинності сульфатів.
5. Які основні методи хімічного аналізу природної води?

### **Варіант 4**

1. Охарактеризуйте хімічний склад річкових вод та умови їх формування: вміст розчинених газів, концентрація іонів водню, головні іони річкових вод, мікроелементи та радіоактивні ізотопи, біогенні елементи, органічні речовини.
2. Які джерела забруднення вод нафтопродуктами, радіонуклідами і важкими металами?
3. Загальні відомості про сольовий склад вод океану. Вміст основних іонів та солоність океанічної води. Вміст газів, концентрація іонів водню, види забруднення океану.

4. Кругообіг Феруму у природі. Умови утворення та розчинності солей заліза. Як переносяться важкі метали по харчовим ланцюгам?
5. Які хімічні показники оцінки забрудненості вод?

### **Варіант 5**

1. Вміст мікроелементів в океанічній воді та її радіоактивність. Біогенні елементи та органічні речовини у водах морів та океанів.
2. Як оцінити воду для різних видів використання (господарсько-побутове, технічне, для зрошення)? Побутове та технічне значення твердості води. Агресивна дія природної води на бетон і метал.
3. Кругообіг Силіцію у природі. Умови утворення та розчинності силікатів.
4. Значення вивчення міграції хімічних елементів для географічних та біологічних досліджень. Які основні джерела забруднення природних вод?
5. Основні методи дослідження вмісту токсикантів у біологічних об'єктах.

## **Приклади завдань до теоретичного модуля ЗМ-Л2**

### **Варіант 1**

1. Головні та другорядні, прямі та опосередковані фактори впливу на літосферу: фізико-географічні фактори, геологічні фактори, фізико-хімічні фактори, біологічні фактори, антропологічні фактори.
2. Природні ґрунти – багатокомпонентна система. Будова і склад літосфери. Основні теорії формування Землі.
3. Продукти харчування і харчові добавки.
4. Методи знешкодження радіоактивного впливу на навколишнє середовище.
5. Біотестування, організми-біоіндикатори.

### **Варіант 2**

1. Вплив природних умов на якісний та кількісний вміст макро- і мікроелементів у живих організмах. Біогенні елементи.
2. Речовини, які розповсюджені у навколишньому середовищі та негативно впливають на нього.
3. Радіоактивність природних ґрунтів. Органічні речовини, які забруднюють ґрунти.
4. Ядерна зброя і ядерний вибух. Атомні електростанції.
5. Токсини природного походження.

### **Варіант 3**

1. Родючість ґрунту та проблеми його збереження. Глобальні екологічні явища і приклади аналізу негативного впливу токсичних речовин на ґрунти.
2. Токсичність предметів побуту, продуктів харчування, харчових добавок. Види і характеристика ГМО.
3. Радіоактивність. Джерела штучної радіонуклідної активності в природному середовищі. Радіоекологія.
4. Важкі метали: види токсичного впливу, розповсюдження у природі, методи знешкодження.
5. Токсикологічні дослідження та їх значення для екології.

### **Варіант 4**

1. Властивості ґрунту, фізико-хімічні процеси в ґрунтах, як складової частини ландшафту та життєвого простору.
2. Глобальні екологічні явища і приклади аналізу негативного впливу токсичних речовин на природу.
3. Екологічна безпека та ризик ураження токсикантами.
4. Об'єкти екотоксикохімічних досліджень. Навести приклади.
5. Екологічна зброя. Навмисне застосування екотоксикантів.

### **Варіант 5**

1. Умови формування хімічного складу ґрунтів та їх класифікація.
2. Хімічні катастрофи та екологія.
3. Антропогенні та кислотні забруднення ґрунту, основні хімічні наслідки забруднення та їх вплив на розвиток рослин.
4. Критерії визначення екотоксикантів та їх основні показники.
5. Вимоги до зберігання відходів. Знешкодження і утилізація відходів.

## **3 Організація поточного, семестрового та підсумкового контролю рівня знань та вмінь студентів**

Накопичувальна система оцінки навчальних досягнень студента зараховується згідно з Положеннями про організацію КСРС в ОДЕКУ та проведення підсумкового контролю знань студентів в ОДЕКУ.

- *Організація поточного контролю* побудована за накопичувально-модульним принципом згідно з «Положенням про організацію контролю самостійної роботи студентів в ОДЕКУ» від 29.03.2004 р. (зі змінами та доповненнями, затвердженими 27.04.2006 р.).
- *Організація підсумкового контролю* побудована згідно Положення «Про проведення підсумкового контролю знань студентів» від 29.04.2010 р. – врахування накопичених студентом за навчальний

семестр результатів поточного контролю. Підсумкова оцінка у шкалі ECTS виставляється за кожну залікову одиницю.

- *Форми підсумкового контролю*: семестровий іспит (II семестр).
- *Реєстрація та підсумковий контроль*: допуск до семестрового іспиту здійснюється лектором згідно з результатами поточного контролю за навчальний семестр. До підсумкового контролю допускаються студенти, які отримали не менше 50% від максимально можливої суми балів з модуля практичної підготовки та 50% від теоретичної частини.

Підсумковий семестровий контроль (ПСК) проводиться на основі накопиченої (інтегральної) суми балів, яку отримав студент за підсумками контрольних заходів, що проводяться по дисципліні «Екологічна хімія з основами екотоксикології»; згідно з робочим навчальним планом та робочою програмою дисципліни.

Контрольні заходи поділяються на 2 типа:

- *поточні контрольні заходи*, які здійснюються на протязі семестру згідно з «Положенням про організацію контролю самостійної роботи студентів ОДЕКУ» за теоретичною та практичною складовими робочої програми дисципліни «Екологічна хімія з основами екотоксикології»;

- *семестрові контрольні заходи*, які проводяться на протязі екзаменаційної сесії. До семестрового контрольного заходу дисципліни «Екологічна хімія з основами екотоксикології»; відноситься *семестровий іспит*.

Комплекс контрольних заходів розроблено на підставі «Положення про проведення підсумкового контролю знань студентів», затвердженого на засіданні Методичної ради ОДЕКУ від 29.04.2010 р., а також «Положення про організацію навчального процесу у вищих навчальних закладах України» (наказ МОН № 161 від 2.06.1993р.), «Положення про організацію контролю самостійної роботи студентів ОДЕКУ» (наказ № 31 від 6.04.2004р.), «Положення про критерії оцінки знань студентів в ОДЕКУ» (від 28.11.2002 р.).

Комплекс контрольних заходів регламентує організацію поточного та підсумкового контролю рівня набутих студентами знань, вмінь та навичок у ході вивчення дисципліни «Екологічна хімія з основами екотоксикології»; а також конкретизує виконання графіку навчального процесу по цій дисципліні з напрямку –8.07.0801 «Екологія та охорона навколишнього середовища екології», на освітньо-кваліфікаційному рівні – магістри.

Метою кредитно-модульної системи контролю є:

- активізація самостійної роботи студентів;
- визначення рівня набутих знань, вмінь та навичок;
- підвищення якості навчання студентів шляхом активізації навчальної діяльності;



- стимулювання ритмічної роботи протягом семестру згідно з графіком контрольних заходів;
- визначення кількісних критеріїв засвоєння змісту окремих розділів (змістовних модулів).

Форми контролю рівня засвоєння змістовних модулів (ЗМ):

- усне опитування під час практичних та лекційних занять – УО;
- розв'язання задач під наглядом викладача в аудиторії – РЗ;
- виконання завдання біля дошки – КЗ;
- наукова робота та написання реферату;
- письмова семестрова контрольна робота – КР.

### **Методика оцінки всіх видів підготовки студентів**

Кредитно-модульна система оцінки знань студентів передбачає розподіл програми навчальної дисципліни «Екологічна хімія з основами екоотоксикології» на структурно-логічні завершені розділи (змістовні модулі), які можуть бути оцінені певною кількістю балів. Загальна кількість змістовних модулів визначена згідно з «Положенням про організацію модульного контролю» і відповідає розподіленню робочої програми дисципліни на завершені структурно-логічні розділи у відповідності з проведенням навчальних занять: 2 змістовні модулі з теоретичної (лекційної) частини курсу (ЗМ-Л1, ЗМ-Л2); 2 змістовних модулів з практичної частини курсу (ЗМ-П3; ЗМ-П4) та семестрова контрольна робота (КР). Підсумкова оцінка в балах складається з суми балів за кожен змістовний модуль. Види завдань та кількість балів, що нараховані за виконання певного виду завдання зведені у таблицю 3.1.

Сума отриманих балів складається з суми виконаних своєчасно контролюючих заходів. Якщо студент не виконав з поважних причин окремий модуль, він може здати його у двотижневий термін згідно з графіком контрольних заходів.

Сума балів, яку отримав студент за всіма змістовними модулями (заліковою одиницею) навчальної дисципліни «Екологічна хімія з основами екоотоксикології», формують інтегральну оцінку поточного контролю студента. Вона є підставою для допуску студента до *семестрового іспиту*. Питання про допуск до семестрового іспиту за підсумками модульного накопичувального контролю регламентується п. 2.4. «Положення про проведення підсумкового контролю знань студентів». Студент вважається допущеним до ПСК з дисципліни «Екологічна хімія з основами екоотоксикології», якщо він виконав всі види робіт, передбачені робочою програмою дисципліни і набрав за модульною системою суму балів не менше 50% від максимально можливої за практичну частину дисципліни (25 балів).

Таблиця 3.1

№	Види завдань, за які нараховують бали.	Кількість балів, що нараховані за виконання певного виду завдання
1	Модульні контрольні роботи з теоретичного модуля №1, №2, складаються з 5 питань (КР-1, КР-2)	(15+15)30
2	Написання та захист реферату	10
3	Складання письмових повідомлень з наукової роботи студентів	10
4	Усне опитування (УО) на лекційних та семінарських заняттях, виконання завдання біля дошки (КЗ) та рішення розрахункових завдань (РЗ) на практичних заняттях	10
5	Змістовний модуль №3 – практичний, складається з 5 розрахункових задач (КР-3).	10
6	Змістовний модуль №4 – практичний, складається з 5 розрахункових завдань (КР-4).	10
7	Виконання домашніх завдань	10
8	Підсумкова контрольна робота (КР)	10
	Усього за семестр:	<b>100</b>

При проведенні міжсесійного контролю студент вважається атестованим, якщо він набрав не менш як 50% від максимально можливої суми балів по модулям, завершеним на момент атестації.

ПСК передбачає дві форми оцінювання успішності засвоєння студентом навчального матеріалу дисципліни:

- кількісна оцінка (бал успішності);
- якісна оцінка.

*Кількісна оцінка (бал успішності)* – це відсоток, який становить інтегральна сума балів, отриманих студентом на контролюючих заходах, по відношенню до максимально можливої суми балів, яка встановлена робочою програмою дисципліни «Екологічна хімія з основами екоотоксикології» (100 балів).

*Якісна оцінка* – це оцінка, яка виставляється на підставі кількісної оцінки за двобальною якісною шкалою: зараховано, не зараховано. Також при кредитно-модульній системі організації навчального процесу використовується семибальна шкала оцінювання ECTS.

Студенту, який не має на початок заліково-екзаменаційної сесії заборгованості, має на останній день семестру інтегральну суму балів поточного контролю достатню (60% та більше) для отримання позитивної оцінки, викладач виставляє якісну оцінку у заліково-екзаменаційній відомості.

Одержана сума балів є підставою для виставлення підсумкової оцінки згідно з таблицею 3.2.

Шкала переходу від оцінки поточного контролю  
до підсумкової оцінки

Табл. 3.2.

Сума балів (%)	Традиційна оцінка з екзамену
< 60	незадовільно
60 - 75	задовільно
76 - 89	добре
90 - 100	відмінно

У випадку, коли студент має менше 50% суми накопичених балів вважається таким, що не виконав навчального плану дисципліни, і не допускається до екзамену.

Оцінювання за шкалою ECTS та системою університету

Шкала ECTS	За національною системою	Визначення	За системою університету (в%)
A	5 (відмінно)	відмінне виконання лише з незначними помилками	90-100
B	4 (добре)	вище середнього рівня з кількома помилками	85-89
C	4 (добре)	загалом правильна робота з певною кількістю грубих помилок	75-84
D	3 (задовільно)	непогано, але зі значною кількістю помилок	68-74
E	3 (задовільно)	виконання задовольняє мінімальні критерії	60-67
FX	2 (незадовільно)	з можливістю перекласти	35-59
F	2 (незадовільно)	з обов'язковим повторним курсом навчання	1 - 34

Семестровий екзамен – це форма підсумкового контролю засвоєння студентом теоретичного та практичного матеріалу (знань, умінь та навичок, що зазначені у програмі дисципліни) за семестр, що проводиться як контролюючий захід, згідно з «Положенням про проведення підсумкового контролю знань студентів», затверджене на засіданні Методичної ради ОДЕКУ від 25.05.2004р (зі змінами і доповненнями, затвердженими 25.05 2006 р.).

## Шкала оцінювання за системою ECTS та системою в університеті

За шкалою ECTS	За національною системою	За системою університету (в процентах)
A	5 (відмінно)	90-100
B	4 (добре)	85-89
C	4 (добре)	75-84
D	3 (задовільно)	68-74
E	3 (задовільно)	60-67
FX	2 (незадовільно)	35-59
F	2 (незадовільно)	1-34

### **4. Наукова робота студентів Програма модуля наукової роботи**

В умовах кредитно-модульної системи організації навчального процесу в ОДЕКУ до структури робочої навчальної програми дисципліни «Екологічна хімія з основами екотоксикології» передбачено обов'язкове включення наукового модуля, що є окремою заліковою одиницею.

Кредитно-модульна система організації навчального процесу орієнтована на послідовне й системне залучення студентів до науково-дослідницької діяльності, цьому сприяє велика частка їх самостійної та індивідуальної роботи.

Перелік можливих видів наукової роботи під час вивчення навчальної дисципліни «Екологічна хімія з основами екотоксикології» пропонується студентам згідно з «Положенням про врахування науково-дослідної роботи студента у кредитно-модульній системі організації навчального процесу в ОДЕКУ»:

- оцінювання навчальних елементів, які за своїм змістом вимагають знань і умінь дослідницько-пошукового характеру – це бездоганне виконання письмових повідомлень з наукової роботи студентів, які виконуються на СРС *в поза аудиторний час* – 10 балів;
- оцінювання видів *поза аудиторної роботи*, які інтегрують навчальні та наукові елементи діяльності студента, а саме: виконання рефератів, теми яких наведені нижче - 10 балів;
- оцінюється НДР як окремий модуль за назвою «Наукова робота», який складається із декількох елементів:
  - участь у 1 етапі Всеукраїнської олімпіади студентів (Е1);
  - участь у науковій студентській конференції в ОДЕКУ (Е3).

Оцінювання I рівня науково-дослідної роботи студента:

Елементи НДР	Кількість кредитів			
	1	2	3	Заохочення
Е 1 (Всеукраїнська олімпіада, 1 етап)	1,0	0,5	0,25	
Е3 (Конференції)				0,25

Примітка: 1, 2, 3 –місця переможців конкурсів

### Теми рефератів

1. Основні причини і джерела забруднення атмосфери. Вплив забруднення повітря на живі організми. Фотохімічний смог. Парниковий ефект.
2. Характеристика токсичних окремих хімічних речовин (бажано, згідно завданням дипломних і магістерських кваліфікаційних робіт)
3. Глобальні екологічні зміни. Суть модельних екологічних систем. Основні причини, характер і наслідки антропогенних катастроф.
4. Вплив різноманітних хімічних речовин на стан ґрунту. Вплив хімічного складу ґрунту на розвиток рослин, тварин, людей.
5. Порівняльна характеристика сучасного хімічного складу річкових вод басейнів Дніпра та Дністра.
6. Оцінка стану рівноважних гідрохімічних систем, як важливих чинників формування хімічного складу природних вод у різних природних зонах України. Вплив токсикантів на Крим.
7. Взаємозв'язок хімічного складу різних типів морських і океанічних вод. Види самоочисної здатності природних вод.
8. Вплив техногенезу на хімічний склад річкових і океанічних вод.
9. Вплив важких металів на біосферу. Як переносяться важкі метали по харчовим ланцюгам. Види забруднення важкими металами гідросфери, атмосфери, літосфери.
10. Токсична дія токсикантів. Фактори, які визначають механізми токсичної дії на живі організми, та механізми їх знешкодження. Характеристика основних шляхів метаболізму ксенобіотиків.
11. Характеристика і моделювання впливу забруднюючих речовин на Чорне море та Крим.
12. Види харчових добавок та оцінка їх шкідливості для організму.
13. Характеристика геномодифікованих організмів та оцінка їх шкідливості для організму.
14. Екологічна класифікація якості поверхневих вод.

До складу реферату повинні входити пункти:

- 1) зміст; 2) вступ; 3) основна частина; 4) висновки; 5) література.

**Оформлення титульного листа реферату наукового модулю**

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ**  
Одеський державний екологічний університет

Кафедра хімії навколишнього середовища

**РЕФЕРАТ**

Тема: «.....»

Виконав: П.І.Б. студента  
Група:  
Перевірив: П.І.Б. викладача

## Додаток 2

### Добуток розчинності деяких малорозчинних електролітів при 25<sup>0</sup>С

Формула електроліту	ДР	Формула електроліту	ДР
AgBr	$6 \times 10^{-13}$	Cu(OH) <sub>2</sub>	$2,2 \times 10^{-20}$
AgCl	$1,8 \times 10^{-10}$	CuS	$6 \times 10^{-36}$
Ag <sub>2</sub> CrO <sub>4</sub>	$4 \times 10^{-12}$	Fe(OH) <sub>2</sub>	$1 \times 10^{-15}$
AgI	$1,1 \times 10^{-16}$	Fe(OH) <sub>3</sub>	$3,8 \times 10^{-38}$
Ag <sub>2</sub> S	$6 \times 10^{-50}$	FeS	$5 \times 10^{-18}$
Ag <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	$2 \times 10^{-5}$	HgS	$1,6 \times 10^{-52}$
BaCO <sub>3</sub>	$5 \times 10^{-9}$	MnS	$2,5 \times 10^{-10}$
BaCrO <sub>4</sub>	$1,6 \times 10^{-10}$	PbBr <sub>2</sub>	$9,1 \times 10^{-6}$
BaSO <sub>4</sub>	$1,1 \times 10^{-10}$	PbCl <sub>2</sub>	$2 \times 10^{-5}$
CaCO <sub>3</sub>	$5 \times 10^{-9}$	PbCrO <sub>4</sub>	$1,8 \times 10^{-14}$
CaC <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	$2 \times 10^{-9}$	PbI <sub>2</sub>	$8 \times 10^{-9}$
CaF <sub>2</sub>	$4 \times 10^{-11}$	PbS	$1 \times 10^{-27}$
CaSO <sub>4</sub>	$1,3 \times 10^{-4}$	PbSO <sub>4</sub>	$1,6 \times 10^{-8}$
Ca <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	$1 \times 10^{-29}$	SrSO <sub>4</sub>	$3,2 \times 10^{-7}$
Cd(OH) <sub>2</sub>	$2 \times 10^{-14}$	Zn(OH) <sub>2</sub>	$1 \times 10^{-17}$
CdS	$7,9 \times 10^{-27}$	ZnS	$1,6 \times 10^{-24}$

Додаток 3

Небезпечні і розповсюджені в забруднених водах хімічні елементи

<i>Елемент, форма існування</i>	<i>Необхідність для організму</i>	<i>Токсичність і її прояв в організмі</i>	<i>Джерела появи</i>
Миш'як $\text{AsO}_2^-$	Немає	Висока; ниркова недостатність і розумовий розлад	Паливо, миючі засоби, пестициди, металургія
Кобальт $\text{Co}^{2+}$	Немає	Висока; гіпертонія, захворювання нирок, зменшення гемоглобіну в крові	Руди, металеві покриття, дим сигарет
Свинець $\text{Pb}^{2+}$	Немає	Висока; анемія, судоми, ниркова недостатність, розумова відсталість у дітей	Труби, фарби, бензин, викиди автотранспорту
Ртуть $\text{Hg}^{2+}$ $\text{CH}_3\text{Hg}^+$ $(\text{CH}_3)_2\text{Hg}$	Немає	Висока; нервові розлади, параліч, сліпота, уроджені дефекти у дітей, божевілля	Гальванічні елементи, виробництво лугів, хлору, органічних сполук
Селен $\text{SeO}_3^{2-}$ $\text{SeO}_4^{2-}$	Так	Висока; порушення роботи печінки.	Мінерали, металургія
Хром $\text{CrO}_4^{2-}$	Так	Висока; можливий канцероген	Гальванічні виробництва
Мідь $\text{Cu}^{2+}$	Так	Низька; порушення роботи печінки.	Руди, труби, гальванічне виробництво
Срібло $\text{Ag}^+$	Немає	Середня; знебарвлення шкіри й ока	Гальванічне виробництво, фотосправа
Залізо $\text{Fe}^{2+}$ $\text{Fe}^{3+}$	Так	Підвищення сприйнятливості до інфекцій	Мінеральні джерела, ржавий метал.
Марганець $\text{Mn}^{2+}$	Так	Низька	Рудничні води
Цинк $\text{Zn}^{2+}$	Так	Низька	Гальванічні виробництва



**Джерела надходження та концентрації окремих інгредієнтів в тропосферному шарі атмосфери**

<i>Інгредієнт</i>	<i>Джерела надходження</i>	<i>Концентрації, млн<sup>-1</sup></i>
CO <sub>2</sub>	Розкладання органічних речовин, спалення органічного палива, виділення океанів	320 у всій тропосфері
CO	Розкладання органічних речовин, спалення органічного палива (викиди об'єктів теплоенергетики і транспорту), виділення океанів	0,05 у чистому повітрі; 1-50 у містах
CH <sub>4</sub>	Емісія природного газу, розкладання органічних речовин	1-2 у всій тропосфері
NO <sub>2</sub>	Електричні розряди, робота двигунів внутрішнього згорання, спалення органічних речовин	0,01 у чистому повітрі; 0,2 при смогах
O <sub>3</sub>	Електричні розряди, дифузія із стратосфери, фотохімічні процеси в атмосфері	0-0,01 у чистому повітрі; 0,1-5 – при смогах
SO <sub>2</sub>	Вулканічні гази, лісові пожежі, спалення утримуючих сірку органічних речовин (палива), діяльність бактерій, виплавка металів тощо	0-0,01 у чистому повітрі; 0,1-2 – у забрудненому повітрі

Таблиця розчинності солей та основ у воді

Аніон и	Катіони																						
	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	NH <sup>4+</sup>	Ba <sup>2+</sup>	Sr <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	Cr <sup>3+</sup>	Fe <sup>3+</sup>	Fe <sup>2+</sup>	Mn <sup>2+</sup>	Zn <sup>2+</sup>	Ni <sup>2+</sup>	Co <sup>2+</sup>	Ag <sup>+</sup>	Hg <sup>2+</sup>	Cu <sup>2+</sup>	Cd <sup>2+</sup>	Pb <sup>2+</sup>	Bi <sup>3+</sup>	Sn <sup>2+</sup>	
OH <sup>-</sup>	P	P	P	P	P	BP	H	H	H	H	H	H	H	H	H	BP	H	H	H	H	H	H	H
F <sup>-</sup>	P	P	P	BP	BP	BP	BP	BP	H	BP	BP	BP	BP	P	P	P	-	BP	BP	H	H	P	P
Cl <sup>-</sup>	P	P	P	P	P	P	P	P	BP	P	P	P	P	P	P	H	P	P	P	BP	-	P	P
Br <sup>-</sup>	P	P	P	P	P	P	P	P	BP	P	P	P	P	P	P	H	P	P	P	BP	-	P	P
I <sup>-</sup>	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	H	H	H	P	BP	H	P	P
S <sup>2-</sup>	P	P	P	P	P	P	BP	-	-	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
SO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	P	P	P	H	H	H	BP	-	-	-	H	-	H	H	-	H	-	-	H	H	-	-	-
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	P	P	P	H	BP	BP	P	P	P	P	P	P	P	P	P	BP	-	P	P	BP	P	P	P
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	P	P	P	H	H	H	H	H	BP	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	-
CrO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	P	P	P	H	BP	P	P	-	-	-	-	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	P	P	P	H	H	H	H	-	-	-	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	-
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	-
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	BP	-	P	P	P	H	-	-
CH <sub>3</sub> COO <sup>-</sup>	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	BP	P	P	P	P	-	-	-

Примітка: **P** – розчинні у воді; **BP** – важкорозчинні (малорозчинні); **H** – практично нерозчинні; “-” риска означає, що речовина не існує або розкладається водою.

## ПЕРІОДИЧНА СИСТЕМА ЕЛЕМЕНТІВ Д.І. МЕНДЕЛЄЄВА

ПЕРІОД	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII						
1	<b>H</b> Гідроген Водень 1 1,0079							<b>He</b> Гелій 2 4,0026	Протонне число (порядковий номер) 					
2	<b>Li</b> Літій 3 6,941	<b>Be</b> Берилій 4 9,0122	<b>B</b> Бор 5 10,811	<b>C</b> Карбон Вуглець 6 12,011	<b>N</b> Нітроген Азот 7 14,007	<b>O</b> Оксиген Кисень 8 15,999	<b>F</b> Флуор Фтор 9 18,998	<b>Ne</b> Неон 10 20,179						
3	<b>Na</b> Натрій 11 22,990	<b>Mg</b> Магній 12 24,305	<b>Al</b> Алюміній 13 26,982	<b>Si</b> Силіцій 14 28,086	<b>P</b> Фосфор 15 30,974	<b>S</b> Сульфур Сірка 16 32,066	<b>Cl</b> Хлор 17 35,453	<b>Ar</b> Аргон 18 39,948						
4	<b>K</b> Калій 19 39,098	<b>Ca</b> Кальцій 20 40,078	<b>Sc</b> Скандій 21 44,956	<b>Ti</b> Титан 22 47,88	<b>V</b> Ванадій 23 50,942	<b>Cr</b> Хром 24 51,996	<b>Mn</b> Манган 25 54,938	<b>Fe</b> Ферум Залізо 26 55,847	<b>Co</b> Кобальт 27 58,933	<b>Ni</b> Нікель 28 58,69				
	<b>Cu</b> Купрум Мідь 29 63,546	<b>Zn</b> Цинк 30 65,39	<b>Ga</b> Галій 31 69,723	<b>Ge</b> Германій 32 72,59	<b>As</b> Арсен 33 74,922	<b>Se</b> Селен 34 78,904	<b>Br</b> Бром 35 79,904	<b>Kr</b> Криптон 36 83,80						
5	<b>Rb</b> Рубідій 37 85,468	<b>Sr</b> Стронцій 38 87,62	<b>Y</b> Ітрій 39 88,906	<b>Zr</b> Цирконій 40 91,224	<b>Nb</b> Ніобій 41 92,906	<b>Mo</b> Молибден 42 95,94	<b>Tc</b> Технецій 43 [99]	<b>Ru</b> Рутеній 44 101,07	<b>Rh</b> Родій 45 102,91	<b>Pd</b> Паладій 46 106,42				
	<b>Ag</b> Аргентум Срібло 47 107,87	<b>Cd</b> Кадмій 48 112,41	<b>In</b> Індій 49 114,82	<b>Sn</b> Станум Олово, цина 50 118,71	<b>Sb</b> Стибій 51 121,75	<b>Te</b> Телур 52 127,60	<b>I</b> Іод Йод 53 126,90	<b>Xe</b> Ксенон 54 131,29						
6	<b>Cs</b> Цезій 55 132,91	<b>Ba</b> Барій 56 137,33	<b>*La</b> Лантан 57 138,91	<b>Hf</b> Гафній 72 178,49	<b>Ta</b> Тантал 73 180,95	<b>W</b> Вольфрам 74 183,85	<b>Re</b> Реній 75 186,21	<b>Os</b> Осмій 76 190,2	<b>Ir</b> Ірідій 77 192,22	<b>Pt</b> Платина 78 195,08				
	<b>Au</b> Аурум Золото 79 196,97	<b>Hg</b> Меркурій Ртуть 80 200,59	<b>Tl</b> Талій 81 204,38	<b>Pb</b> Плюмбум Свинець, оливо 82 207,2	<b>Bi</b> Бісмут 83 208,98	<b>Po</b> Полоній 84 [209]	<b>At</b> Астат 85 [210]	<b>Rn</b> Радон 86 [222]						
7	<b>Fr</b> Францій 87 [223]	<b>Ra</b> Радій 88 226,03	<b>**Ac</b> Актиній 89 [227]	<b>Db</b> Дубній 104 [261]	<b>Jl</b> Джолотій 105 [262]	<b>Rf</b> Резерфордій 106 [263]	<b>Bh</b> Борій 107 [262]	<b>Hn</b> Ганій 108 [265]	<b>Mt</b> Майтнерій 109 [266]	<b>Uun</b> Унунній 110 58,69				
* Лантаноїди														
58	<b>Ce</b> Церій 140,12	<b>Pr</b> Празеодим 140,91	<b>Nd</b> Неодим 144,24	<b>Pm</b> Прометій [147]	<b>Sm</b> Самарій 150,36	<b>Eu</b> Європій 151,96	<b>Gd</b> Гадоліній 157,25	<b>Tb</b> Тербій 158,93	<b>Dy</b> Диспрозій 162,50	<b>Ho</b> Гольмій 164,93	<b>Er</b> Ербій 167,26	<b>Tm</b> Тулій 168,93	<b>Yb</b> Ітербій 173,04	<b>Lu</b> Лютецій 174,97
** Актиноїди														
90	<b>Th</b> Торій [231]	<b>Pa</b> Протактиній [231]	<b>U</b> Уран 238,03	<b>Np</b> Нептуній [237]	<b>Pu</b> Плутоній [244]	<b>Am</b> Америцій [243]	<b>Cm</b> Кюрій [247]	<b>Bk</b> Берклій [247]	<b>Cf</b> Каліфорній [251]	<b>Es</b> Ейнштейній [252]	<b>Fm</b> Фермій [257]	<b>Md</b> Менделєвій [258]	<b>No</b> Нобелій [259]	<b>Lr</b> Лоуренцій [260]

## Додаток 7

## Вміст деяких хімічних елементів у біосфері та живих організмах, %

<i>Елемент</i>	<i>Атомний номер</i>	<i>Вміст у літосфері, гідросфері, атмосфері</i>	<i>Вміст в земній корі</i>	<i>Вміст у рослинах</i>	<i>Вміст в організмі тварин</i>	<i>Вміст в організмі людини</i>
Гідроген (H)	1	0,95	1,0	10	9,7	9,31
Карбон (C)	6	0,18	0,15	18	21	19,37
Нітроген (N)	7	0,03	0,02	0,3	3,1	5,14
Оксиген (O)	8	50,02	47,4	70,0	62,4	62,81
Натрій (Na)	11	2,36	2,6	0,02	0,1	0,26
Магній (Mg)	12	2,08	2,0	0,07	0,03	0,04
Алюміній (Al)	13	2,08	8,0	0,02	$10^{-5}$	0,001
Силіцій (Si)	14	25,80	29,5	0,15	$10^{-5}$	сліди
Фосфор (P)	15	0,09	0,08	0,07	0,95	0,64
Сульфур (S)	16	0,11	0,05	0,05	0,16	0,63
Калій (K)	19	2,28	2,5	0,3	0,27	0,22
Кальцій (Ca)	20	3,22	3,5	0,3	1,9	1,38
Манган (Mn)	25	0,08	0,1	$10^{-3}$	$10^{-5}$	0,0001
Ферум (Fe)	26	4,18	5,0	0,02	0,01	0,005

Додаток 8

Шкала числових показників кругообігу речовин (Л.Є. Родін, Н.С. Базилевич)

<i>Бали</i>	<i>Органічна частина</i>				<i>Хімічні елементи</i>			
	<i>Опад, ц/га</i>	<i>Підстилка, ц/га</i>	<i>ОПК</i>	<i>Тип біологічного кругообігу</i>	<i>Повертається з опадом, кг/га</i>	<i>Міститься в підстилці, кг/га</i>	<i>Середня зольність опадів, %</i>	
1	10	1	50	Застійні	50	50	1,5	Низько зольні
2	11-25	1-5	21-50		50-100	51-100	1,6-2,0	
3	26-35	6-25	16-20	Сильно загальмовані	101-150	101-200	2,1-2,5	Середньо зольні
4	36-45	26-75	11-15		151-225	201-300	2,6-3,5	
5	46-75	76-125	6-10		226-300	301-750	3,6-5,0	
6	76-100	126-250	1,6-5	Загальмовані	301-500	751-2000	5,1-6,5	Підвищено зольні
7	101-125	251-400	0,8-1,5	Інтенсивні	501-700	2001-5000	6,6-8,0	
8	126-225	401-600	0,3-0,7		701-1300	5001-10000	8,1-9,5	Високо зольні
9	226-400	601-1000	0,1-0,2	Дуже інтенсивні	1301-360	10001-25000	9,6-12,0	
10	400	1000	0,1		3600	25000	12	Дуже високо зольні

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ОРГАНІЗАЦІЇ  
САМОСТІЙНИХ РОБІТ**

**З ДИСЦИПЛІНИ «ЕКОЛОГІЧНА ХІМІЯ  
З ОСНОВАМИ ЕКОТОКСИКОЛОГІЇ»**

**ДЛЯ СТУДЕНТІВ V КУРСУ  
ПРИРОДООХОРОННОГО ФАКУЛЬТЕТУ**

**УКЛАДАЧІ: ГОРЛІЧЕНКО МАРИНА ГРИГОРІВНА  
ДОЦЕНТ, К.П.Н.**

**ШЕВЧЕНКО СВІТЛАНА ВАСИЛІВНА  
СТАРШИЙ ВИКЛАДАЧ**

Підписано до друку ..... Формат .....Папір офсетний.  
Друк офсетний. Ум. друк. арк. 3,5.  
Надруковано з готового оригінал-макета

---

Одеський державний екологічний університет  
65016, Одеса, вул. Львівська, 15.