

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

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

**до проведення практичних занять
з дисципліни**

**«Екологічна хімія з основами
екотоксикології»**

ДЛЯ СТУДЕНТІВ І КУРСУ МАГІСТЕРСЬКОЇ ПІДГОТОВКИ
ЗА СПЕЦІАЛЬНІСТЮ 8.04010601
«Екологія та охорона навколишнього середовища»
освітньо-кваліфікаційний рівень – магістр.

ОДЕСА – 2013

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

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

**до проведення практичних занять
з дисципліни**

**«Екологічна хімія з основами
екотоксикології»**

ДЛЯ СТУДЕНТІВ І КУРСУ МАГІСТЕРСЬКОЇ ПІДГОТОВКИ
ЗА СПЕЦІАЛЬНІСТЮ 8.04010601
«Екологія та охорона навколишнього середовища»
освітньо-кваліфікаційний рівень – магістр.

«Узгоджено»
на факультеті
магістерської та аспірантської
підготовки ОДЕКУ
Декан факультету МАП
Боровська Г.О.

ОДЕСА – 2013

Методичні вказівки до проведення практичних занять з дисципліни «Екологічна хімія з основами екотоксикології» для студентів 1-го курсу магістерської підготовки денної форми навчання, за спеціальністю – 8.04010603 «Екологія та охорона навколишнього середовища», освітньо-кваліфікаційний рівень – магістр.

Укладачі: Горліченко М.Г., Шевченко С. В. – Одеса: ОДЕКУ, 2013. – 111 с.

ЗМІСТ

Вступ.....	4
1. Загальна частина.....	5
1.1 Мета і завдання дисципліни.....	5
1.2 Перелік знань і умінь, якими повинен володіти студент, для успішного вивчення дисципліни «Екологічна хімія з основами екотоксикології»	6
1.3 Перелік і графік контрольних заходів поточного контролю знань та вмінь студентів.....	7
1.4 Перелік навчальної літератури та навчально-методичного матеріалу, що забезпечує вивчення дисципліни «Екологічна хімія з основами екотоксикології»	9
2. Організація роботи студентів по виконанню завдань до практичних занять (семінарів).....	11
2.1. Основні теоретичні положення, які необхідні для виконання практичних завдань.....	11
2.1.1 Перелік тем лекційного курсу.....	11
2.1.2 Перелік тем семінарських занять.....	12
2.2. Методичні вказівки до розділу I «Теоретичні основи екологічної хімії».....	13
2.2.1 Питання до самоконтролю студентів після вивчення тем практичного змістовного модуля «ЗМ-П1».....	17
2.2.2 Приклади розв'язання задач до розділу I.....	20
2.2.3 Задачі для самостійного розв'язування до розділу I.....	38
2.3 Методичні вказівки до практичних занять при вивченні розділу II «Вплив хімічних речовин на стан ґрунту. Причини, характер, наслідки хімічних катастроф».....	50
2.3.1 Питання до самоконтролю студентів після вивчення тем практичного змістовного модуля «ЗМ-П2».....	56
2.3.2 Приклади розв'язання задач до другого розділу дисципліни...	59
2.3.3 Задачі для самостійного розв'язування до розділу II.....	73
3 Організація поточного, семестрового та підсумкового контролю рівня знань та вмінь студентів.....	97
4 Наукова робота студентів.....	101
5 Додатки.....	103

ВСТУП

Нещадна експлуатація природних ресурсів, прогрес промисловості, механізація і хімізація сільського господарства, розвиток атомної енергетики, транспорту призводять до руйнування та отруєння біосфери. В наш час всі прогресивні вчені і їх країни розуміють необхідність екологічної освіти, яка формує сучасний світогляд людини й допомагає створювати правильну наукову організацію профілактики руйнувань цілих екосистем, біоценозів та біологічної рівноваги в масштабах всієї планети Земля.

Екотоксикологічна хімія – це наука про хімічні методи з'ясування кількісно-якісних закономірностей дії механізмів безпосереднього та опосередкованого впливу токсикантів на існування різноманітного живого світу довкілля та запобігання ушкоджуючого розвитку процесів біоценозу.

Основним об'єктом вивчення основ екологічної хімії та екотоксикології є хімічні сполуки, що проявляють специфічні властивості, пов'язані з їх токсичним впливом на довкілля: повітря, воду, ґрунт, весь живий світ, включаючи людину.

Екотоксикологічна хімія покликана створити основу для забезпечення нормального функціонування навколишнього середовища шляхом визначення механізмів процесів токсикації, інтоксикації і детоксикації біосфери (атмосфери, гідросфери, літосфери), а також шляхом формування системи заходів хімічного аналізу найбільш поширених екотоксикантів, що забруднюють довкілля.

Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни «Екологічна хімія з основами екотоксикології» призначені для студентів-екологів, яким необхідно вивчити і знати основи комплексного дослідження одночасного впливу найбільш шкідливих речовин на живий світ довкілля та прогнозування під впливом екотоксикантів із різних середовищ змін у системі «людина – її діяльність – навколишній світ».

До методичних вказівок увійшов узагальнений матеріал, який розглядає теоретичні основи екологічної хімії, вплив різноманітних хімічних речовин на стан повітря, природних вод, ґрунту, а також причини, характер, наслідки хімічних катастроф.

Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни «Екологічна хімія з основами екотоксикології» розроблені з метою полегшення ознайомлення й вивчення інформації студентами, яка зібрана із багатьох наукових джерел, підручників, посібників з даної тематики.

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 «Екологія та охорона навколишнього середовища», 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 екологічної токсикології, 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 з основами екотоксикології – 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 навколишньому природному середовищі (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 з основами екотоксикології – комплексна дисципліна, яка досліджує всю сукупність хімічних зв'язків і взаємодій, пов'язаних з живою речовиною. Основна мета екологічних й 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, тому дуже важливо знати природу і властивості хімічних речовин – токсикантів та механізми їхньої дії на природу і процеси очищення її від різних видів хімічного забруднення.

1.2 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 токсико-хімічними 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.

1.3 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) та 2-х змістовних практичних модулів – ЗМ-П1, ЗМ-П2 і 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*. 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.

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.

1.4 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. – 204с.
2. Овруцький В.М., Шумейко В.М., Глуховський І.В., Бобкова Л.С. та ін. Екологічна токсикохімія. Київ, АТ «Вид-во «Столиця», 1998. – 120с.
3. Розанов В.А., Грабко Н.В., Лобуренко О.П. Методичні вказівки з дисципліни «Наслідки забруднення природного середовища токсичними речовинами» Одеса., ОГМІ, 2000. – 120с.
4. Довгань І.В., Сафранов Т.А. Основи екологічної хімії. Конспект лекцій. Одеса: ОДЕКУ, 2003. – 60с.
5. Владимиров А.М., Ляхин Ю.И., Матвеев Л.Т., Орлов В.Г. Охрана окружающей среды. – Л., Гидрометиздат, 1991. – 424с.
6. Корте Ф., Бахадир М., Клайн В. и др. Экологическая химия. Пер. с нем. / Под ред. Ф. Корте. – М.: Мир, 1997. – 396с.
7. Скурлатов Ю.И., Дука Г.Г., Мизити А. Введение в экологическую химию. – М.: Высш. школа, 1994. – 399с.
8. Вронский В.А. Прикладная экология. – Ростов на Дону: Изд-во «Феникс», 1996. – 512с.
9. Фелленберг Г. Загрязнение природной среды. Введение в экологическую химию: пер. с нем. – М.: Мир, 1997. – 232с.
10. Пелешенко В.І., Хільчевський В.К. Загальна гідрохімія: Підручник. – К.: Либідь, 1997.- 234с.

Додаткова література

11. Анне Платт Мак-Гінн. Як позбутися стійких органічних забруднювачів. – Стан світу 2000. – К.: Інтелсфера, 2000. – 312с.
12. Саєт Ю.Е., Ревич Б.А., Янин Е.П. Геохимия окружающей среды. – М.: Недра, 1990 – 335с.
13. Алёкин О.А. Основы гидрохимии. – Л., 1970. – 368с.

14. Никаноров А.М. Гидрохимия: Учебник. – Л., Гидрометеиздат, 1989. – 282с.
15. Глинка Н.Л. Общая химия – М.: КНОРУС, - 2011. – 752с.
16. Вредные химические вещества. Неорганические соединения элементов I-IV групп. Справочник – Л.: Химия, 1988.- 512с.
17. Вредные химические вещества. Неорганические соединения элементов I-VIII групп. Справочник – Л.:Химия, 1989.- 592с.
18. Богдановский Г.А.Химическая экология. – М., Из-во Московского ин-та, 1994. – 237с.
19. Бродский А.К. Краткий курс общей экологии. – С.-П.: ДЕАН+АДИА-М, 1996. – 164с.
20. Никаноров А.М., Посохов Е.В. Гидрохимия. Л., Гидрометеиздат, 1985. - 244с.
21. Губский Ю.И., Долгосабуров В.Б., Храпак В.В. Химические катастрофы и экология. К.: Здоров'я, 1993. – 224с.
22. Химия окружающей среды/ Под ред. Дж. О.М. Бокриса. – М.: Химия, 1982. – 672с.
23. Беспамятников Г.П., Кротов Ю.А. Предельно допустимые концентрации химических веществ в окружающей среде. Справочник. – Л.: Химия, 1985. – 528с.
24. Фримантл М. Химия в действии. – Т. 1,2. – М.: Мир, 1991. – Т 1. – 650 с.; Т. 2 – 622с.
25. Орлов А.С., Безуглова О.С. Биогеохимия. – Ростов-на-Дону, «Феникс», 2000, - 317с.
26. Органическая химия / Под ред. Н.А. Тютявкиной. – М.: Медицина, 1998. – 496с.
27. Туряница И.М., Пащенко А.Е. и др. Экологическая токсикология. – Ужгород, 1997. – 255с.
28. Небел Б. Наука об окружающей среде. В 2-х т. – М.: Мир, 1994.
29. Шумейко В.М. та інш. Екологічна токсикологія. Підручник. – К.: АТ Видавництво “Столиця”, 1998. – 204с.
30. Кульский Л.А., Накорчевская В.Ф. Химия воды. Физико-химические процессы обработки природных и сточных вод. – Киев.: Вища школа, 1983.
31. Справочник по свойствам, методам анализа и очистке воды / Кульский Л.А. и др. – Киев: Наук. думка, 1980.- 168с.

2. Організація роботи студентів по виконанню завдань до практичних занять (семінарів)

2.1 Основні теоретичні положення, які необхідні для виконання практичних завдань

2.1.1 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 кругообігу 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 макроелементи і мікроелементів. Основні 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.

2.1.2 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 кругообіг 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».

Після вивчення розділів курсу екологічної хімії з основами екотоксикології студенти одержують необхідну базу знань і вмінь для розуміння процесів, які відбуваються в атмосферному повітрі, природних водах і ґрунтах при забрудненні їх наслідками промислової діяльності людини.

2.2 Методичні вказівки до розділу I

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ЕКОЛОГІЧНОЇ ХІМІЇ

Мета розділу – розглянути основні поняття екологічної хімії та вміти їх класифікувати та застосовувати для оцінки стану екології навколишнього середовища. Під час порівняння природних і антропогенних змін середовища потрібно використовувати *три критерії*, які виникають внаслідок антропогенної діяльності: фактор часу, кількісний фактор і токсичність хімічних речовин. В *першому розділі* дисципліни детально розглядаються основні питання екологічної хімії та вплив токсикантів на екологічний стан атмосферного повітря й природних водойм. При характеристиці екологічного стану й забруднення довкілля вживаються такі поняття, як поллютанти, ксенобіотики, екотоксиканти та інші.

Поллютанти – 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.

Студент-еколог повинен знати найбільш поширені забруднювачі довкілля, їх природу, джерела, небезпечність для біоти, напрям і наслідки дії. Загальновідомий негативний вплив газоподібних речовин, таких як оксиди карбону, нітрогену, сульфуру, складові нафти і продукти їх переробки, пестициди, важкі метали, радіонукліди, детергенти (мийні засоби), будівельні матеріали та інші шкідливі речовини.

Існують різні класифікації забруднювачів, але найчастіше розглядають класи токсикантів за їх небезпечною дією на живі організми в залежності від гранично допустимої концентрації (ГДК) та ДСТУ(ГОСТ 12.1.00588):

- I клас – надзвичайно небезпечні: As, Cd, Hg, Se, Pb, F, Zn, бенз(а)пірен;
- II клас – високо небезпечні сполуки: B, Co, Ni, Mo, Cu, Sb, Cr, бензен;
- III клас – помірно небезпечні: Ba, V, W, Vn, Sr, толуол;
- IV клас – малонебезпечні сполуки: NH₃, CO, SO₂, NO, NO₂.

Досліджено токсичну дію на живі організми, включаючи людину, і встановлено ГДК для понад 1300 речовин, ще для 500 шкідливих речовин встановлено орієнтовно небезпечні рівні дії (ОНРД).

Також відома класифікація токсикантів за класами пріоритетності дії на організм людини за Юдіним Є.Я. і Беловим С.В., це 6 груп сполук:

- 1) загальнотоксичні (викликають отруєння всього організму) – чадний газ, ртуть, свинець, миш'як та їхні сполуки, бензен та інші);
- 2) дратівливі (викликають подразнення дихальних шляхів і слизуватих оболонок організму людини) – хлор, амоніак, пари ацетону, оксиди азоту, озон та інші сполуки;
- 3) сенсібілізійні (діють як алергени, спричиняють ненормальні реакції організму) – пестициди, формальдегід, нітроген похідні органічних сполук;

- 4) канцерогенні (їх дія спричиняє виникнення й розвиток ракових захворювань) – оксиди хрому й хромат-іони, бенз(а)пірен, азбест, сполуки берилію, арсену, нікелю, свинцю, кадмію, йоду, стронцію та ін.;
- 5) мутагенні (речовини, що викликають зміну спадкової інформації) – це радіоактивні сполуки марганцю, свинцю, радію, нікелю та металоорганічні комплексні сполуки;
- 6) тератогенні (речовини, які впливають на дітородну функцію організму) – ртуть, свинець, марганець, радіонукліди, стирен, гетероциклічні, хлорорганічні і фосфорорганічні сполуки.

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.

При підготовці до практичних занять (семінарів) I розділу «Теоретичні основи екологічної хімії» студентам слід використовувати навчальну наукову літературу з дисципліни і вони повинні знати:

- Мета 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.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.С.23, 44-65, 73-80.
- Природна вода – багатокомпонентний розчин. Розчинені гази. 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].

2.2.1 Питання до самоконтролю студентів після вивчення тем практичного змістовного модуля «ЗМ-П1»

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, поллютанти, 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. Дайте визначення геохімічних параметрів «кларк» і «кларк концентрації».
12. Охарактеризуйте основні складові глобального циклу біогенних елементів. Для якого з елементів живлення глобальний цикл масообміну відрізняється якнайменшою замкнутістю?
13. Чому велику частину циклічних процесів масообміну, що відбуваються в біосфері, можна класифікувати як біогеохімічні? Які елементи найбільш активно залучаються до хімічного кругообігу і які є самими інертними?
14. Виділіть основні моменти функціонування біогеохімічних циклів хімічних елементів. Що є характерною особливістю «великого» геологічного кругообігу речовини?
15. В чому особливість біологічного кругообігу хімічних елементів? Назвіть відмінні риси біохімічного кругообігу в гідросфері і ґрунті.
16. За якими показниками проводиться оцінка інтенсивності та напряму біологічного кругообігу речовин в екосистемах? Дайте їх характеристику.
17. Проаналізуйте деформацію глобальних, регіональних і локальних біогеохімічних циклів в результаті господарської діяльності людини.
18. Поясніть, в чому полягає небезпека сучасної екологічної ситуації?
19. Наведіть приклади забруднюючих речовин і їх джерела надходження в біосферу. Які поллютанти, що надходять до біосфери, є найшкідливішими?

20. Охарактеризуйте шляхи трансформації хімічних речовин у навколишньому середовищі. Які фактори визначають поведінку токсикантів - забруднюючих речовин в навколишньому середовищі?
21. Що таке геохімічна провінція? Дайте характеристику залежності регуляторних процесів в організмі від недостатнього та надлишкового.
22. Як називаються захворювання, які викликані аномальним вмістом деяких елементів у воді, ґрунті?
23. Які аномалії існують у вашій області?
24. У чому суть явища біологічного накопичення токсичних речовин?
25. У чому полягає канцерогенна, мутагенна, тератогенна небезпека хімічних речовин, що містяться у навколишньому середовищі?
26. Дайте характеристику будови і хімічного складу атмосфери. Що таке квазіпостійні компоненти і «активні» домішки атмосфери?
27. Як змінюється вміст основних компонентів атмосфери з висотою?
28. Від чого залежить тривалість перебування домішок в атмосфері?
29. Назвіть основні хімічні процеси, що відбуваються в атмосфері.
30. Чому вільні радикали, озон та інші окисники, концентрація яких значно нижче ніж кисню, відіграють головну роль в процесах окиснення домішок в атмосферному повітрі? Назвіть основні джерела утворення гідроксидного і гідропероксидного радикалів у повітрі.
31. Що Ви можете сказати про добові та сезонні зміни озону в атмосфері. Проаналізуйте причини утворення «озонових дірок» над Антарктидою.
32. Як прийнято виражати хімічний склад природних вод? Які аніони і катіони, що містяться в природних водах, називають головними? В чому особливості матриці річкових та океанських вод?
33. Охарактеризуйте природні і антропогенні фактори забруднення вод Світового океану. Які екологічні наслідки забруднення природних вод?
34. Сформулюйте закон Дітмара. Для вирішення яких практичних задач він використовується?
35. Які одиниці використовуються для виразу концентрації природної води при записі її складу у вигляді формули Курлова? Як можна їх розрахувати виходячи з концентрації, вираженої в % масових?
36. Що таке агресивність природних вод. З чим пов'язана особливість розчинення карбонатних порід в природних водах? Які рівняння використовуються для опису карбонатної системи при рівновазі із карбонатом кальцію і повітрям, що містить діоксид карбону?
37. Як пов'язаний вміст іонів Гідрогену в природних водах, що знаходяться в рівновазі з карбонатними породами і діоксидом карбону, з парціальним тиском CO_2 в повітрі?
38. В чому відмінність лужності та основності природних вод? Як розрахувати лужність природних вод, знаючи вміст компонентів

- карбонатної системи і рН розчину? Що таке буферність природних вод?
39. Що таке редокс-буферність природних вод? З протіканням яких процесів вона пов'язана?
 40. Природна вода – багатокомпонентний розчин. Які іони, що вміщуються у природній воді, називають макроелементами?
 41. 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?
 42. Які речовини, називають біогенними? У якій формі вони існують?
 43. 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?
 44. Мікроелементи та їх роль у життєвих процесах гідросфери, атмосфери, літосфери.
 45. Що називають радіоактивністю природних вод і ґрунтів?
 46. Дайте визначення мінералізації природних вод. Як співвідношення головних іонів у природній воді залежить від її мінералізації?
 47. 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?
 48. Які основні поллютанти атмосфери, літосфери і гідросфери?
 49. Кругообіг Карбону, Нітрогену, Фосфору у природі. Умови утворення та розчинності карбонатів, нітратів, фосфатів.
 50. Які рівноважні системи існують у природних системах? Самоочищення природних вод і ґрунтів. Яка роль ПАР в евтрофікації водойм?
 51. Які класифікації природних вод та ґрунтів за хімічним складом поширені в екологічній практиці?
 52. Які існують форми і способи вираження результатів аналізу природних вод, ґрунтів і повітря?
 53. Охарактеризуйте хімічний склад атмосферних опадів: мінералізація та головні іони, концентрація іонів водню, вміст біогенних елементів, вміст радіоактивних елементів.
 54. 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.
 55. Які джерела забруднення вод нафтопродуктами, радіонуклідами і важкими металами?

56. Загальні відомості про сольовий склад вод океану. Вміст основних іонів та солоність океанічної води. Вміст газів, концентрація іонів водню, види забруднення океану.
57. Вміст мікроелементів в океанічній воді та її радіоактивність. Біогенні елементи та органічні речовини у водах морів та океанів.
58. Як переносяться важкі метали по харчовим ланцюгам?
59. Як оцінити воду для різних видів використання (господарсько-побутове, технічне, для зрошення)?
60. Побутове та технічне значення твердості води. Агресивна дія природної води на бетон і метал.
61. Значення вивчення міграції хімічних елементів для географічних та біологічних досліджень. Які джерела забруднення природних вод?
62. Які хімічні показники оцінки забрудненості вод?
63. Які основні методи хімічного аналізу природної води?
64. Охарактеризуйте екологічні дослідження на водних об'єктах:
 - гідрохімічні дослідження в системі Загальнодержавної служби 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.

2.2.2 Приклади розв'язання задач до розділу I

Після засвоєння теоретичних питань з розділу I, 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 см³ води, при титруванні потрібно було затратити 4 см³ розчину комплексна III (трилону Б) з концентрацією 0,1 моль/дм³. Яку масу фосфату натрію Na₃PO₄ потрібно додати у 500 дм³ води для її пом'якшення?

Розв'язання.

Загальну твердість води розраховують за формулою:

$$T = \frac{[T] \cdot V_T \cdot 1000}{V_{H_2O}};$$

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_{H_2O} – об'єм проби води, $V_{H_2O} = 100 \text{ см}^3$.

Тоді розраховують твердість у даній пробі води:

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

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

Далі розрахуємо, яку масу фосфату натрію Na_3PO_4 потрібно додати у 500 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 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, 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. 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 KK и KP приведені в табл. 2.

Таблиця 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

При побудові геохімічних спектрів один з об'єктів, що вивчаються, береться за еталонний (зазвичай той, який по складу ближче до земної

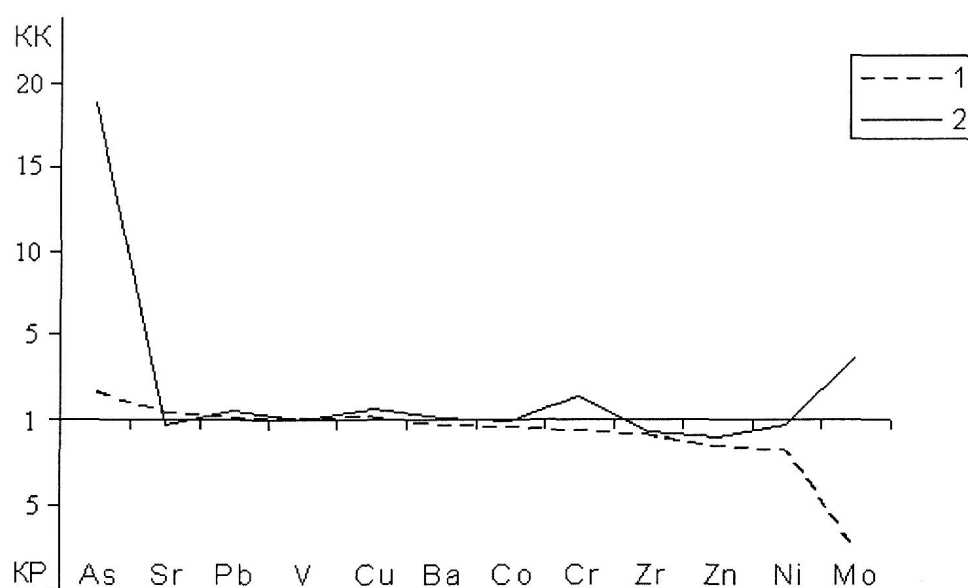
кори). Величини КК і КР для еталонної гірської породи розташовуються в порядку їх зменшення (для КК) і зростання (для КР) і записуються у вигляді псевдодробу, в чисельнику якої вказаний елемент, в знаменнику – КК або КР. Для приведених в табл. 2 порід еталонною є магматична порода, для якої ранжируваний 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 – 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



1 - магматична порода; 2 - піщаник

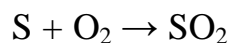
Рис. 1 - Геохімічні спектри порід

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.

По осі абсцис через рівні інтервали проставляються символи хімічних елементів в порядку ранжирування еталонного об'єкту. 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. 1).

Приклад 3. Теплові електростанції є одними з головних джерел емісії SO_2 і 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. Прийняти 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; α_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.

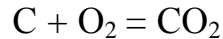
$$N_{\text{SO}_2} = 150 \cdot 10^6 / 32 = 4,69 \cdot 10^6 \text{ моль/д.}$$

Для визначення кількості моль 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 моль азоту N_{N_2} , що міститься в повітрі, яке необхідне для окиснення вугілля та Сульфуру, кількістю моль діоксиду карбону N_{CO_2} , що утворюється при горінні вугілля, і кількістю моль діоксиду сульфуру N_{SO_2} :

$$N_{\text{заг}} = N_{N_2} + N_{CO_2} + N_{SO_2}.$$

Процес горіння вугілля можна представити рівнянням:



Кожну добу на станції спалюється 10000 т вугілля, яке за умовою задачі складається з 150 т Сульфуру та 9850 т Карбону. Кількість моль 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 моль Карбону утворюється 1 моль діоксиду карбону та витрачається як і при окисненні Сульфуру 1 моль кисню із повітря. Тому загальна кількість моль кисню, що витрачається в процесі горіння вугілля становить:

$$N_{O_2} = N_{O_2} (\text{на окиснення Сульфуру}) + N_{O_2} (\text{на окиснення Карбону});$$

$$N_{O_2} = 4,69 \cdot 10^6 + 8,21 \cdot 10^8 = 8,26 \cdot 10^8 \text{ моль/д.}$$

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:

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

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

де α_{N_2} і α_{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 α_{NO} – об'ємна частка монооксиду нітрогену у вихідних газах.

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

Мольне співвідношення діоксиду сульфуру і монооксиду нітрогену становить:

$$n = N_{\text{NO}_2} / N_{\text{NO}} = 4,69 \cdot 10^6 / (5,86 \cdot 10^5) = 8.$$

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

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

$M(\text{H}_2\text{SO}_4) = 98 \text{ г/моль}$;

$M_{\text{екв}}(\text{H}_2\text{SO}_4) = f_{\text{екв}} \cdot M = 1/2 \cdot 98 = 49 \text{ г/моль}$.

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

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

$$T(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{1,94 \cdot 98}{1000} = 0,1901 \text{ г/см}^3 \quad \text{або} \quad T = \frac{3,88 \cdot 49}{1000} = 0,1901 \text{ г/см}^3$$

Відповідь: $C_M(\text{H}_2\text{SO}_4) = 1,94 \text{ моль/дм}^3$, $C_H(\text{H}_2\text{SO}_4) = 3,88 \text{ моль/дм}^3$;

$C_m = 2,09 \text{ моль/кг}$; $T(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,1901 \text{ г/см}^3$.

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):

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

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

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 3. В нашому прикладі $pH = 3,14$. 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°C дорівнює 10^{-14} моль/дм³.

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

Тому концентрацію гідроксид-іонів розраховують за формулою:

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

Відповідь: $pOH=10,96$; $[H^+]=7,25 \cdot 10^{-4}$ моль/дм³;
 $[OH^-]=1,38 \cdot 10^{-11}$ моль/дм³.

Таблиця 3 - Перерахунок рН в $[H^+]$ та навпаки ($pH = -\lg[H^+]$)

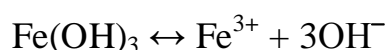
pH	H^+	pH	H^+	pH	H^+
Q 0,00	$1,000 \cdot 10^{-Q}$	Q 0,34	$0,457 \cdot 10^{-Q}$	Q 0,67	$0,214 \cdot 10^{-Q}$
0,01	0,977	0,35	0,447	0,68	0,209
0,02	0,955	0,36	0,437	0,69	0,204
0,03	0,933	0,37	0,427	0,70	0,200
0,04	0,912	0,38	0,417	0,71	0,195
0,05	0,891	0,39	0,407	0,72	0,191
0,06	0,871	0,40	0,398	0,73	0,186
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 $[H^+] = 0,123 \cdot 10^{-7}$, 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, $pH = 7,91$.

Приклад 6. Розрахувати добуток розчинності (ДР) гідроксиду феруму (III) $Fe(OH)_3$, якщо відома розчинність, яка становить $1,9 \cdot 10^{-10}$ моль/дм³.

Розв'язання: Запишемо рівняння дисоціації $Fe(OH)_3$:



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

Визначаємо концентрацію іонів Fe^{3+} : $1,9 \cdot 10^{-10}$ моль/дм³.

Визначаємо концентрацію 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/дм³ та г/дм³ за даною температурою.

Розв'язання:

Запишемо рівняння дисоціації PbI_2 :



Позначимо розчинність як S (моль/дм³). Тоді у насиченому розчині PbI_2 вміщується S моль/дм³ іонів Pb^{2+} та 2S моль/дм³ іонів 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:

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

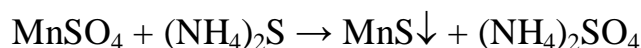
Молярна маса солі $M(\text{PbI}_2) = 461$ г/моль, тому розчинність солі в г/дм³ розрахуємо таким чином:

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

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

Приклад 8. Чи випаде осад при змішуванні рівних об'ємів розчинів солі сульфат мангану з нормальною концентрацією $C_{\text{н}}(\text{MnSO}_4) = 10^{-2}$ моль/дм³ та солі сульфід амонію з концентрацією $C_{\text{н}}((\text{NH}_4)_2\text{S}) = 2 \cdot 10^{-1}$ моль/дм³?

Розв'язання: Запишемо рівняння реакції



Знайдемо у додатку 3 табличне значення добутку розчинності MnS, яке становить:

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

Визначаємо молярні концентрації ($C_{\text{м}}$) розчинів, враховуючи фактори еквівалентів солей:

$$C_{\text{H}}(\text{MnSO}_4) = 10^{-2} \text{ моль/дм}^3, \quad \text{то } C_{\text{M}}(\text{MnSO}_4) = 1/2 \cdot \\ C_{\text{H}} = 1/2 \cdot 1 \cdot 10^{-2} = 0,5 \cdot 10^{-2} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ моль/дм}^3. \\ C_{\text{H}}((\text{NH}_4)_2\text{S}) = 2 \cdot 10^{-1} \text{ моль/дм}^3, \quad \text{то } C_{\text{M}}((\text{NH}_4)_2\text{S}) = 1/2 \cdot 2 \cdot 10^{-1} = 10^{-1} \text{ моль/дм}^3$$

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

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

Знайдемо добуток концентрацій солі MnS

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

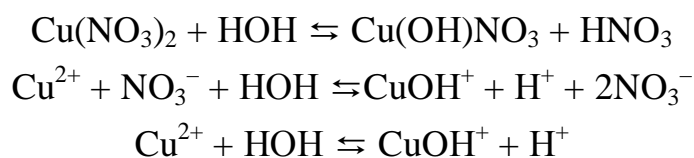
Якщо $[\text{Mn}^{2+}] \cdot [\text{S}^{2-}] > \text{ДР}(\text{MnS})$, то випадає осад

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

Відповідь: при змішуванні рівних об'ємів розчинів MnSO_4 та $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ випадає осад, тому що добуток концентрацій іонів більше ніж добуток розчинності 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 $0,01 \text{ моль/дм}^3$.

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 за катіоном. 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 $K_d(\text{Cu}(\text{OH})_2) = 3,4 \cdot 10^{-7}$ (див. табл. 4).

Ступінь гідролізу (h_r) – це частка електроліту, яка піддалась гідролізу. Вона зв'язана з константою гідролізу рівнянням, яке аналогічно закону розбавлення Оствальда для дисоціації слабких електролітів:

$$K_r = h_r^2 \cdot C_M, \quad \text{тобто} \quad h_r = \sqrt{K_r / C_M}$$

Визначаємо ступінь гідролізу:

$$h_r = \sqrt{3 \cdot 10^{-7} / 10^{-2}} = 5,5 \times 10^{-2}.$$

Водневий показник (рН) розчину солі, що утворений сильною кислотою та слабкою основою, визначають за формулою

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

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 за катіоном йде з утворенням слабкої основи $\text{Cu}(\text{OH})_2$; реакція розчину кисла, $\text{pH}=5,495$; $K_r=3,0 \cdot 10^{-7}$; $h_r=5,5 \cdot 10^{-2}$.

Таблиця 4 - **Константи дисоціації деяких слабких електролітів**

<i>Назва</i>		<i>Формула</i>	<i>K_д</i>	<i>pK = -lg K_д</i>
Нітритна кислота		HNO_2	$6,9 \cdot 10^{-4}$	3,16
Борна кислота		H_3BO_3	$7,1 \cdot 10^{-10}$	9,15
Германієва кислота	K ₁	H_4GeO_4	$7,9 \cdot 10^{-10}$	9,10
	K ₂		$2,0 \cdot 10^{-13}$	12,7
Селенідна кислота	K ₁	H_2Se	$1,3 \cdot 10^{-4}$	3,89
	K ₂		$1,0 \cdot 10^{-11}$	11,0
Сульфитна кислота	K ₁	H_2SO_3	$1,4 \cdot 10^{-2}$	1,85
	K ₂		$6,2 \cdot 10^{-8}$	7,20
Сульфідна кислота	K ₁	H_2S	$1,0 \cdot 10^{-7}$	6,99
	K ₂		$2,5 \cdot 10^{-13}$	12,60
Карбонатна кислота	K ₁	$\text{H}_2\text{CO}_3 \leftrightarrow$ $\text{CO}_2(\text{p}) + \text{H}_2\text{O}$	$4,5 \cdot 10^{-7}$	6,35
	K ₂		$4,8 \cdot 10^{-11}$	10,32
Оцтова кислота		CH_3COOH	$1,74 \cdot 10^{-5}$	4,76
Метафосфатна кислота	K ₁	H_3PO_3	$3,1 \cdot 10^{-2}$	1,51
	K ₂		$1,6 \cdot 10^{-7}$	6,79
Гіпохлоритна кислота		HClO	$2,95 \cdot 10^{-8}$	7,53
Ціанідна кислота		HCN	$5,0 \cdot 10^{-10}$	9,30

Алюмінію гідроксид	K ₃	Al(OH) ₃	1,38·10 ⁻⁹	8,86
Аміаку розчин (амонію гідроксид)		H ₃ N + H ₂ O NH ₄ OH	1,76·10 ⁻⁵	4,755
Феруму (II) гідроксид	K ₂	Fe(OH) ₂	1,3·10 ⁻⁴	3,89
Феруму (III) гідроксид	K ₂ K ₃	Fe(OH) ₃	1,82·10 ⁻¹¹ 1,35·10 ⁻¹²	10,74 11,87
Магнію гідроксид	K ₂	Mg(OH) ₂	2,5·10 ⁻³	2,6
Мангану (II) гідроксид	K ₂	Mn(OH) ₂	5,0·10 ⁻⁴	3,30
Купруму (II) гідроксид		Cu(OH) ₂	3,4·10 ⁻⁷	6,47
Плюмбуму (II) гідроксид	K ₁ K ₂	Pb(OH) ₂	9,55·10 ⁻⁴ 3,0·10 ⁻⁸	3,02 7,52
Аргентуму гідроксид		AgOH	5,0·10 ⁻³	2,30
Цинку гідроксид	K ₂	Zn(OH) ₂	4,0·10 ⁻⁵	4,4

Приклад 10. Визначте середній час знаходження парів води в атмосфері, якщо за оцінками спеціалістів в атмосфері міститься 12900 км³ води, а на поверхню суші і океану випадає у вигляді атмосферних опадів в середньому 577·10¹² м³ в рік.

Розв'язання: Середній час знаходження компонентів в атмосфері в умовах динамічної рівноваги можна визначити за рівнянням:

$$\tau = \frac{A}{Q}$$

де τ – час перебування речовини в атмосфері, в одиницях часу;

A – кількість речовини в атмосфері, в одиницях маси;

Q – швидкість надходження або виведення речовини з атмосфери, в одиницях маси на одиницю часу.

$$\tau = \frac{12900 \cdot 10^9}{577 \cdot 10^{12}} = 2,24 \cdot 10^{-2} \text{ роки} = 8,2 \text{ доби,}$$

де 10⁹ – коефіцієнт переведення кубічних кілометрів в кубічні метри.

Відповідь: середній час знаходження води в атмосфері складає 8,2 доби.

Приклад 11. Використовуючи дані табл. 5 виразіть вміст головних катіонів і головних аніонів морської води в промілі і ммольях на літр (дм³).

Розв'язання: Приведені в табл. 5 значення концентрацій головних компонентів морської води виражені в млн⁻¹, тобто показують кількість

міліграмів відповідного іона на 1кг розчину. Концентрація, виражена в проміле, характеризує кількість грамів речовини в 1 кг розчину. Тому для переведення концентрації, вираженої в млн^{-1} , в проміле необхідно лише зменшити початкову концентрацію в тисячу раз:

$$C (\text{‰}) = C(\text{млн}^{-1}) \cdot 10^{-3}.$$

Для виразу концентрації головних компонентів морської води в ммоль на літр необхідно значення концентрації відповідного компонента, виражене в проміле, розділити на його молярну масу і помножити на густину води, виражену в кілограмах на літр розчину (тут густина морської води прийнята рівною 1 кг/дм^3), і на 1000 (для переведення моль в ммоль):

$$C'' (\text{моль/л}) = C (\text{‰}) \cdot \rho (\text{кг/дм}^3) \cdot 1000 / M (\text{г/моль}).$$

Одержані результати концентрацій представлені у таблиці

Таблиця 5 – Середній склад природних вод

Компонент	Вміст в морській воді		
	млн^{-1}	C (‰)	C (ммоль/дм ³)
Катіони:			
Na ⁺	10560	10,56	459,1
Mg ²⁺	1270	1,27	52,3
Ca ²⁺	400	0,40	10,0
K ⁺	380	0,38	9,7
Аніони:			
Cl ⁻	18980	18,98	534,6
SO ₄ ²⁻	2650	2,65	27,6
HCO ₃ ²⁻	140	0,14	2,3

Відповідь: представлена в таблиці 5.

Приклад 12. Представте у вигляді формули середній склад морської води, в якій вміст розчиненого діоксиду карбону складає 1000 мг/дм^3 .

Розв'язання: Для розв'язання задачі слід визначити концентрацію у %-екв відповідних домішок у воді і записати склад води відповідно до прийнятих правил у вигляді дробу.

Оскільки %-екв. визначає частку (в %) концентрації відповідної домішки, вираженої в моль-екв/дм³ або в ммоль-екв/дм³ у сумі аніонів або катіонів, присутніх в даному розчині, то перш за все необхідно виразити концентрацію аніонів і катіонів в ммоль-екв/дм³ і знайти їх суми.

Для переведення концентрації в ммоль-екв/дм³ необхідно розділити значення концентрації компонента, вираженої в ммоль/дм³ на відповідний фактор еквівалентності:

$$C (\text{ммоль-екв/ дм}^3) = C(\text{ммоль/ дм}^3) / f,$$

де f – фактор еквівалентності, який дорівнює $1/2$ для двох зарядних аніонів і катіонів і 1 для однозарядних іонів.

На наступному етапі визначимо сумарні концентрації аніонів і катіонів в ммоль-екв/дм³ і процентний вміст концентрації кожного іона у відповідній сумі. Набуті значення є концентрацією вираженою в %-екв. Результати обчислень для аніонів і катіонів морської води представлені в таблиці 6.

Значення мінералізації води можна прийняти рівним сумі концентрацій головних іонів, виражених в грамах на літр (дм³).

Для визначення концентрацій іонів в г/дм³ слід помножити відповідне значення виражене в ммоль/дм³ на молярну масу, за формулою:

$$C \text{ (г/дм}^3\text{)} = C \text{ (ммоль/дм}^3\text{)} \cdot M / 1000$$

Таблиця 6 – Вміст основних іонів в морській воді

Компонент	Вміст в морській воді			
	ммоль/дм ³	ммоль-екв/дм ³	%-екв	г/дм ³
Катіони:				
Na ⁺	459,1	459,1	77,4	10,6
Mg ²⁺	52,3	104,6	17,6	1,27
Ca ²⁺	10	20	3,6	0,4
K ⁺	9,7	9,7	1,7	0,38
Сума катіонів	–	593,4	100	12,7
Аніони:				
Cl ⁻	534,6	534,6	90,3	19
SO ₄ ²⁻	27,6	55,2	9,3	2,65
HCO ₃ ⁻	2,3	2,3	0,4	0,14
Сума аніонів	–	592,1	100	21,8

Склад морської води у вигляді формули можна представити як дріб, в чисельнику якого в порядку зменшення концентрації записуємо хімічні символи всіх аніонів окрім HCO₃⁻ (тому що його концентрація менша за 1%-екв), а в знаменнику – всіх катіонів, представлених в табл. 6, оскільки їх вміст перевищує 1%-екв. Поряд з хімічним символом іона в дужках вказуємо його концентрацію в %-екв. Зліва перед дробом у вигляді хімічної формули і числа, що характеризує концентрацію в мг/дм³, записуємо вміст у воді діоксиду карбону (див. умову задачі). Далі округлену величину загальної мінералізації води (M), виражену в г/дм³, поділену на суму ммоль/екв аніонів в розчині. Таким чином, склад даної води можна представити у вигляді наступної формули:

$$\text{CO}_2(1000) M(34/592,1) \frac{\text{Cl}^- (90,3)\text{SO}_4^{2-} (9,3)}{\text{Na}^+ (77,4)\text{Mg}^{2+} (17,6)\text{Ca}^{2+} (3,6)\text{K}^+ (1,7)}$$

Відповідь: дивись формулу.

Приклад 13. Визначити скільки грамів NaCl міститься в 1 кг морської води, якщо її хлорність дорівнює 15‰.

Розв'язання: Співвідношення основних компонентів морської води під дією материкового стоку може трохи змінюватися. Проте для проведення оцінки цими змінами можна знехтувати і для розв'язання задачі скористаємося законом Дітмара: у воді океану незалежно від абсолютної концентрації кількісні відношення між основними компонентами сольового складу є завжди сталими.

Як було показано в прикладі 12, вміст іонів Натрію в морській воді складає 459,1 ммоль/дм³, а вміст іонів Хлору – 534,6 ммоль/дм³, отже, частина іонів Хлору в морській воді зв'язана з іншими катіонами. Тому для визначення вмісту NaCl у воді затоки необхідно визначити концентрацію катіонів Натрію в цій воді. Відповідно до закону Дітмара для середнього складу морської води і води із затоки Чорного моря можна записати:

$$\frac{C_{\text{Na}}}{C_{\text{Cl}}} = \frac{C'_{\text{Na}}}{C'_{\text{Cl}}}$$

де C_{Na} , C_{Cl} та C'_{Cl} , C'_{Na} – концентрація (‰) іонів Натрію і Хлору для середнього складу морської води і води затоки відповідно.

Звідси легко визначити вміст іонів Натрію у воді затоки (приймаючи концентрацію іонів Хлору у воді затоки (C'_{Cl}) рівної значенню хлорності цієї води і концентрації іонів Натрію і Хлору (в ‰) рівними значенням для середнього складу морської води (див. приклад 11):

$$C'_{\text{Na}} = C_{\text{Na}} \cdot C'_{\text{Cl}} / C_{\text{Cl}} = 10,56 \cdot 15,00 / 18,98 = 8,35\%$$

Отже, в 1 кг води із затоки Чорного моря міститься 8,35 г катіонів Натрію. Маса NaCl, що міститься в 1 кг води із затоки:

$$m(\text{NaCl}) = C'_{\text{Na}} \cdot M(\text{NaCl}) / M_{\text{Na}} = 8,35 \cdot 58,5 / 23,0 = 21,2 \text{ (г/кг)}$$

Відповідь: в 1 кг води з затоки Чорного моря міститься 21,2 г NaCl.

Приклад 14. До якого класу вод за мінералізацією слід віднести природні води, склад яких відповідає середньому складу річкової води? При оцінці прийняти, що: а) інші домішки у воді відсутні; б) густина річкової води дорівнює 1000 г/дм³; в) при експериментальному визначенні мінералізації всі гідрогенкарбонат-іони перейдуть в карбонат-іони, а вся решта іонів утворює безводні солі, стійкі при 105 °С?

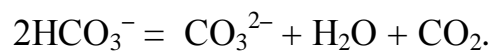
Розв'язання: За умовою задачі склад природної води відповідає середньому складу води в річках. Вміст домішок в цій воді, складає (млн⁻¹): Ca²⁺ – 20; Na⁺ – 5,8; Mg²⁺ – 3,4; K⁺ – 2,1; HCO₃⁻ – 35; SO₄²⁻ – 12; Cl – 5,7.

Значення мінералізації природних вод визначається в г/дм³, тому необхідно виразити концентрації аніонів і катіонів в цих одиницях. Оскільки густина води за умовою задачі дорівнює 1000 г/дм³, концентрації домішок, виражені в млн⁻¹, чисельно дорівнюють концентраціям, вираженим в мг/дм³. Тому, щоб одержати вміст домішок в г/дм³, достатньо помножити значення їх вмісту вираженому в млн⁻¹ на 10⁻³:

$$C(\text{г/дм}^3) = C_i(\text{млн}^{-1}) \cdot 10^{-3}$$

Вміст домішок в природній воді відповідно буде складати (в г/дм³):
 $\text{Ca}^{2+} - 2,0 \cdot 10^{-2}$; $\text{Na}^+ - 5,8 \cdot 10^{-3}$; $\text{Mg}^{2+} - 3,4 \cdot 10^{-3}$; $\text{K}^+ - 2,1 \cdot 10^{-3}$; $\text{HCO}_3^- - 3,5 \cdot 10^{-2}$;
 $\text{SO}_4^{2-} - 1,2 \cdot 10^{-2}$; $\text{Cl}^- - 5,7 \cdot 10^{-3}$.

За умовою задачі при визначенні мінералізації іони HCO_3^- повністю перейдуть в іони CO_3^{2-} . Процес розкладання може бути представлений наступним рівнянням реакції:



Молекули води і діоксиду карбону, що утворюються в цьому процесі, не вносять внеску в мінералізацію, оскільки при 105 °С переходять в газову фазу.

Концентрацію іонів CO_3^{2-} , що утворюються, можна визначити за рівнянням:

$$[\text{CO}_3^{2-}] = [\text{HCO}_3^-] \frac{M_{\text{CO}_3^{2-}}}{2M_{\text{HCO}_3^-}}$$

де $[\text{CO}_3^{2-}]$ і $[\text{HCO}_3^-]$ – концентрація карбонат- і гідрогенкарбонат-іонів відповідно, г/дм³;

$M_{\text{CO}_3^{2-}}$ та $M_{\text{HCO}_3^-}$ – молярні маси карбонат- і гідрогенкарбонат-іонів, г/моль.

Концентрація іонів CO_3^{2-} , що утворюються, може скласти:

$$[\text{CO}_3^{2-}] = 3,5 \cdot 10^{-2} \cdot 60 / (2 \cdot 61) = 1,7 \cdot 10^{-2} \text{ (г/дм}^3\text{)}.$$

Оскільки за умовою задачі всі іони, окрім HCO_3^- , утворюють безводні солі, стійкі при 105 °С, а гідрогенкарбонат-іони переходять в іони CO_3^{2-} і також утворюють стійкі солі, значення мінералізації можна визначити по сумі концентрацій іонів CO_3^{2-} і решти іонів, присутніх в початковій воді:

$$\begin{aligned} M &= [\text{CO}_3^{2-}] + [\text{Ca}^{2+}] + [\text{Na}^+] + [\text{Mg}^{2+}] + [\text{K}^+] + [\text{SO}_4^{2-}] + [\text{Cl}^-]; \\ M &= 1,7 \cdot 10^{-2} + 2,0 \cdot 10^{-2} + 5,8 \cdot 10^{-3} + 3,4 \cdot 10^{-3} + 2,1 \cdot 10^{-3} + 1,2 \cdot 10^{-2} + 5,7 \cdot 10^{-3} = \\ &= 6,6 \cdot 10^{-2} \text{ (г/дм}^3\text{)}. \end{aligned}$$

Оскільки набуто значення мінералізації менше 0,2 г/дм³, ці води слід віднести до ультрапрісних.

Відповідь: природні води, що відповідають середньому складу річкової води, слід віднести до ультрапрісних вод.

Приклад 15. Охарактеризуйте морську воду відповідно до класифікації, розробленої О.О. Альокінім.

Розв'язання: Переважаючим аніоном в морській воді є аніон Хлору, оскільки його концентрація, виражена в ммоль-екв/дм³, набагато перевищує концентрації інших аніонів. Тому морські води слід віднести до класу хлоридних вод.

Переважаючим катіоном в морській воді є катіон Натрію, тому ці води слід віднести до групи натрієвих вод.

Для визначення типу води підсумуємо концентрації катіонів Кальцію і Магнію в морській воді, виражені в ммоль-екв/дм³, і порівняємо суму з концентрацією гідрогенкарбонат-іона (див. табл. 6):

$$C_{\text{Ca}^{2+}} + C_{\text{Mg}^{2+}} = 20,0 + 104,6 = 124,6 \text{ ммоль-екв/дм}^3;$$

$$C_{\text{HCO}_3^-} = 2,3 \text{ ммоль-екв/дм}^3;$$

$$C_{\text{Ca}^{2+}} + C_{\text{Mg}^{2+}} > C_{\text{HCO}_3^-}$$

Отже, морська вода не відноситься до першого типу вод.

Порівняємо сумарну концентрацію аніонів HCO_3^- й SO_4^{2-} з сумарною концентрацією катіонів Кальцію і Магнію в морській воді:

$$C_{\text{HCO}_3^-} + C_{\text{SO}_4^{2-}} = 2,3 + 55,2 \text{ ммоль-екв/дм}^3;$$

$$C_{\text{Ca}^{2+}} + C_{\text{Mg}^{2+}} = 124,6 \text{ ммоль-екв/дм}^3;$$

$$C_{\text{HCO}_3^-} + C_{\text{SO}_4^{2-}} < C_{\text{Ca}^{2+}} + C_{\text{Mg}^{2+}}$$

Отже, морська вода не відноситься до другого типу вод. Порівняємо концентрації іонів Хлору і Натрію, виражені в ммоль-екв/дм³:

$$C_{\text{Cl}^-} = 534,6 \text{ ммоль-екв/дм}^3;$$

$$C_{\text{Na}^+} = 459,1 \text{ ммоль-екв/дм}^3;$$

$$C_{\text{Cl}^-} > C_{\text{Na}^+}$$

Отже, морську воду слід віднести до третього типу вод.

Відповідь: за класифікацією О.О. Альокіна морську воду слід віднести до класу хлоридних вод натрієвої групи третього типу.

Приклад 16. Визначте значення загальної і карбонатної твердості для середнього складу річкової води (табл. 5). Відповідь дайте в моль на дм³ (літр), німецьких, французьких і американських градусах твердості. До якої групи вод за величиною твердості слід віднести ці води? Прийняти густину води рівної 1 кг/дм³.

Розв'язання: Величину загальної твердості води можна визначити, знаючи концентрацію іонів Ca^{2+} і Mg^{2+} у воді, виражену в мг/дм³. Розрізняють також карбонатну, некарбонатну, тимчасову і постійну

твердість води. Під карбонатною твердістю розуміється кількість іонів Кальцію і Магнію, що зв'язані з карбонат- і гідрогенкарбонат-іонами. Тому числове значення карбонатної твердості дорівнює сумі концентрацій карбонат- і гідрогенкарбонат-іонів, виражених в мг-екв/дм³. Якщо ця величина виявляється більшою за значення загальної твердості, тобто карбонат- і гідрокарбонат-іони зв'язані і з іншими катіонами, то значення карбонатної твердості приймається рівним значенню загальної твердості води. В табл. 5 представлені значення концентрації іонів Кальцію і Магнію, виражена в млн⁻¹.

Таблиця 7 – Класифікація природних вод за величиною твердості

<i>Води</i>	<i>Твердість, ммоль/дм³</i>
Дуже м'які	до 1,5
М'які	1,5-3
Середні	3-6
Тверді	6-10
Дуже тверді	>10

Некарбонатна твердість води визначається як різниця значень загальної і карбонатної твердості. Тимчасова твердість води є частиною карбонатної твердості, яка усувається при кип'ятінні води. Тимчасова твердість визначається експериментально. Постійна твердість води визначається як різниця значень загальної і тимчасової твердості.

Одиницею твердості води в нашій країні є моль твердості на кубічний метр.

Оскільки, за умовою задачі, густина води рівна 1кг/дм³, значення концентрації іонів становлять $[Ca^{2+}] = 20,0$ мг/дм³ і $[Mg^{2+}] = 3,4$ мг/дм³. Загальна твердість води складе:

$$T = [Ca^{2+}] / (M_{Ca} \cdot f_{Ca}) + [Mg^{2+}] / (M_{Mg} \cdot f_{Mg}), \text{ моль/м}^3$$

де M_{Ca} і M_{Mg} – молярні маси Кальцію і Магнію відповідно;

f_{Ca} , f_{Mg} – фактор еквівалентності Кальцію і Магнію відповідно.

$$T = 20,0/(40,08 \cdot 1/2) + 3,4/(24,3 \cdot 1/2) = 1,28 \text{ моль/м}^3.$$

Води з таким значенням загальної твердості слід віднести до групи дуже м'яких вод (табл. 7). Значення карбонатної твердості визначається кількістю іонів Кальцію і Магнію, зв'язаних з карбонат- і гідрогенкарбонат-іонами. Оскільки у воді, що відповідає середньому складу річкової води, відсутні карбонат-іони, значення карбонатної твердості може бути визначено за концентрацією гідрогенкарбонат-іонів (в мг/дм³):

$$T_{\text{карб}} = [HCO_3^-] / (M f), \text{ моль/м}^3$$

де f – фактор еквівалентності гідрогенкарбонат-іона;

М – молярна маса гідрогенкарбонат-іона.

Карбонатна твердість дорівнює:

$$T_{\text{карб}} = 35 / (61 \cdot 1) = 0,57 \text{ моль/м}^3.$$

Значення твердості, виражене в німецьких, французьких і американських градусах твердості знаходимо за співвідношенням:

$$T \text{ (національний градус твердості)} = T(\text{моль/м}^3) \cdot K,$$

де К – коефіцієнт співвідношення між національними градусами твердості і 1 моль/м³ води.

Для води, що відповідає середньому складу річкової води, одержимо:

$$T = 1,28 \cdot 2,804 = 3,6 \text{ німецьких градусів твердості};$$

$$T = 1,28 \cdot 5,005 = 6,4 \text{ французьких градусів твердості};$$

$$T = 1,28 \cdot 50,050 = 64 \text{ американських градусів твердості}.$$

Відповідь: вода, що відповідає середньому складу річкової води, має загальну твердість, рівну 1,28 моль/м³, що відповідає 3,6 німецьких градусів твердості, 6,4 французьких градусів твердості, 64 американських градусів твердості. Карбонатна твердість цієї води $T_{\text{карб}} = 0,57$ (моль/м³). Цю воду слід віднести до групи дуже м'яких вод.

2.2.3. Задачі для самостійного розв'язування до розділу I

Задача 1. Як відомо, будь-яка речовина складається з хімічних елементів, які за своїм розповсюдженням і роллю у біосфері суттєво відрізняються один від одного. З наведених нижче елементів, що містяться в організмі людини, виберіть: а) біогенні; б) домішкові; в) мікроелементи; г) макроелементи: С, N, Са, Нg, Cd, О, Н, Mg, S, Zn, Fe, Na, К, Cu, Cl, Мо, Р, І. Надати стисло характеристику цим елементам та визначити до якого ряду біологічного поглинання відносяться ці хімічні елементи відповідно до табл. 8.

Таблиця 8 – Ряди біологічного поглинання

<i>Групи елементів</i>	<i>За О.І. Перельманом</i>	<i>Для (рослина 1)</i>	<i>Для (рослина 2)</i>
Енергійного накопиченню (КБП = 10-100)	–		
Сильного накопичення (КБП = 1-10)	Sr, Zn, В		
Середнього захоплення (КБП = 0,1-1)	Mn, Ni, Cu, Pb, Мо		
Слабкого і дуже слабкого захоплення (КБП < 0,1)	Ti, V, Cr		

Задача 2. Рослина з листовою поверхнею 1дм^2 засвоює за одну годину з атмосферного повітря біля 50 мг CO_2 , а з повітря, що містить 5 % вуглекислого газу, - 110 мг . Яка маса глюкози асимілюється за 1 годину в першому і другому випадку? Який об'єм кисню виділяється при цьому в повітря? Для розв'язання задачі скласти рівняння фотосинтезу глюкози.

Задача 3. В процесі господарської діяльності людина здійснює глобальні зміни в природі, зокрема порушує природний баланс кругообігу елементів в біосфері. Використовуючи дані таблиці 9, розрахуйте фактор техногенного збагачення елементів (EF). Порівняйте EF елементів, що мають найбільше значення цього показника, з середнім вмістом їх в земній корі. Зробіть відповідні висновки.

Таблиця 9 – Природні і техногенні потоки хімічних елементів

Елемент	Емісія, 10^8 т/рік		EF
	природна	техногенна	
Ag	0,6	50	
As	28	780	
Cd	2,9	55	
Cr	580	940	
Cu	190	2600	
Hg	0,4	110	
Mn	6100	3200	
Co	70	50	
Mo	11	510	
Ni	280	980	
Pb	40	4000	
Sn	52	430	
V	650	2100	
Zn	360	8400	

Задача 4. Використовуючи дані про величину щорічного світового видобутку, кларк у літосфері і біофільність елементів (табл. 10):

- розрахуйте для кожного елементу величини технофільності і деструкційної активності;

- розташуйте отримані значення в ранжируванні ряди по зменшенню кожного показника;

виділіть групи елементів з близькими значеннями технофільності і деструкційної активності і пояснити отримані результати.

Таблиця 10 – Кларк, щорічний видобуток і біофільність хімічних елементів

Варіант	Елемент	Кларк, %	Видобуток т/рік	Біофільність	Варіант	Елемент	Кларк, %	Видобуток, т/рік	Біофільність
1	C	$2,7 \cdot 10^{-2}$	$2,3 \cdot 10^9$	780	6	Li	$3,2 \cdot 10^{-3}$	$6,4 \cdot 10^2$	$6 \cdot 10^{-2}$
	Na	2,5	$5 \cdot 10^7$	$8 \cdot 10^{-3}$		F	$6,6 \cdot 10^{-2}$	$1,3 \cdot 10^6$	$7 \cdot 10^{-3}$
	S	$4,7 \cdot 10^{-2}$	$1,9 \cdot 10^7$	1,0		Al	8,05	$5,6 \cdot 10^6$	$5 \cdot 10^{-4}$
	K	2,5	10^7	0,12		Si	29,5	$2,4 \cdot 10^9$	$6 \cdot 10^{-3}$
2	Co	$1,8 \cdot 10^{-3}$	$1,3 \cdot 10^4$	$2,2 \cdot 10^{-2}$	7	Zr	$1,7 \cdot 10^{-2}$	10^5	$1,7 \cdot 10^{-2}$
	Cu	$4,7 \cdot 10^{-3}$	$4,7 \cdot 10^5$	$6,8 \cdot 10^{-2}$		Mo	$1,1 \cdot 10^{-4}$	$4,4 \cdot 10^4$	0,18
	Cs	$3,7 \cdot 10^{-4}$	1,0	$1,6 \cdot 10^{-2}$		Cd	$1,3 \cdot 10^{-5}$	$1,3 \cdot 10^4$	$1,5 \cdot 10^{-2}$
	U	$2,5 \cdot 10^{-4}$	$3 \cdot 10^4$	$3,2 \cdot 10^{-3}$		Hg	$8,3 \cdot 10^{-6}$	$8,3 \cdot 10^3$	$6 \cdot 10^{-2}$
3	Mg	1,87	$1,9 \cdot 10^6$	$2 \cdot 10^{-2}$	8	B	$1,2 \cdot 10^{-3}$	$1,2 \cdot 10^5$	0,8
	Cl	$1,7 \cdot 10^{-2}$	$5 \cdot 10^7$	1,1		P	$9,3 \cdot 10^{-2}$	$1,9 \cdot 10^7$	0,75
	Ni	$5,8 \cdot 10^{-3}$	$4 \cdot 10^5$	$1,3 \cdot 10^{-2}$		V	$9 \cdot 10^{-3}$	$7,2 \cdot 10^3$	$6 \cdot 10^{-3}$
	Ca	2,96	$2,4 \cdot 10^9$	0,17		Zn	$8,3 \cdot 10^{-3}$	$3,3 \cdot 10^6$	0,24
4	Sr	$3,4 \cdot 10^{-2}$	$9 \cdot 10^8$	$6 \cdot 10^{-2}$	9	Ag	$7 \cdot 10^{-6}$	$7 \cdot 10^3$	0,17
	Ba	$6,5 \cdot 10^{-2}$	$2 \cdot 10^6$	$1,3 \cdot 10^{-2}$		Sn	$2,5 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^5$	$4 \cdot 10^{-2}$
	W	$1,3 \cdot 10^{-4}$	$2,6 \cdot 10^4$	$1,7 \cdot 10^{-2}$		Sb	$5 \cdot 10^{-5}$	$5 \cdot 10^4$	$4 \cdot 10^{-3}$
	Pb	$1,6 \cdot 10^{-3}$	$3,2 \cdot 10^6$	$6 \cdot 10^{-2}$		La	$2,9 \cdot 10^{-3}$	$2,9 \cdot 10^2$	10^{-2}
5	Cr	$8,3 \cdot 10^{-3}$	$1,7 \cdot 10^6$	$8 \cdot 10^{-3}$	10	Mn	0,1	$6 \cdot 10^6$	$9,6 \cdot 10^{-2}$
	Fe	4,65	$3,1 \cdot 10^8$	$2 \cdot 10^{-3}$		Br	$2,1 \cdot 10^{-4}$	10^5	0,7
	Ga	$1,9 \cdot 10^{-3}$	2,6	10^{-3}		Ti	0,45	$4,5 \cdot 10^5$	$2,8 \cdot 10^{-3}$
	Rb	$1,5 \cdot 10^{-2}$	$2 \cdot 10^3$	$1,3 \cdot 10^{-2}$		As	$1,7 \cdot 10^{-4}$	$1,7 \cdot 10^4$	$3,5 \cdot 10^{-2}$

Задача 5. Електростанція, що працює на вугіллі, виділяє на кожну ГВт-годину енергії, що виробляється, 964 т CO₂ (з врахуванням видобутку палива, будівництва і експлуатації), на нафті – 762 т CO₂, на природному газі – в 1,5 рази менше, ніж на нафті, а викиди CO₂ при будівництві сонячно-теплової електростанції в 134 рази менше, ніж для працюючої на газу. Розрахуйте, скільки тонн CO₂ виділяє електростанція, що використовує енергію Сонця. Яка з вказаних електростанцій вносить більший «внесок» в розвиток глобального потепління по даному парниковому газу?

Задача 6. До основних забруднювачів атмосфери відноситься діоксид сульфуру, який має як природне (12 %), так і антропогенне походження (88 %). Загальнопланетарне техногенне надходження SO₂ складає 147 млн т за рік. Із загальної кількості сірчистого газу, що надходить в атмосферу Землі, біля 40 % припадає на долю нафтопродуктів. Скільки тонн це складає?

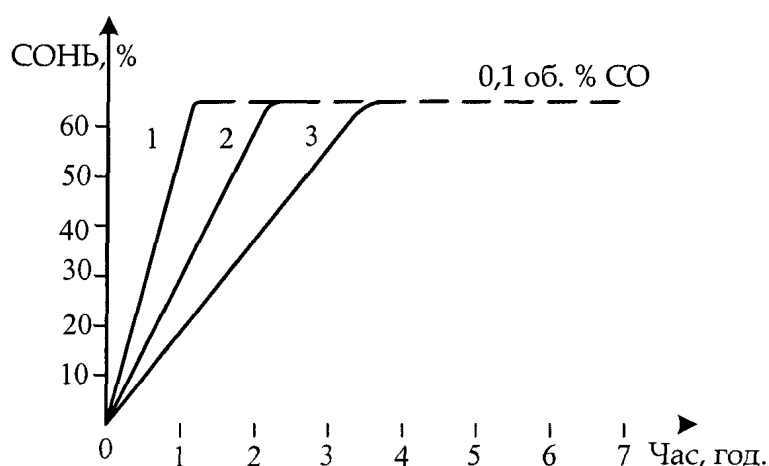
Задача 7. При обстеженні двох груп робочих, що виконували ремонтні роботи на міських вулицях А і Б, були виявлені наступні

симптоми: у робочих групи А – зниження здатності до сприйняття звукових сигналів, послаблення здатності розрізняти збільшення яскравості світла; у робочих групи Б – порушення навиків керування автомобілем, ослаблення реакції на появу стоп-сигналів і на швидкість автомобілю, що рухається попереду. Використовуючи інформацію про ознаки отруєння монооксидом Карбону, дані табл. 11 і 12, розрахуйте, у скільки разів була перевищена ГДК цього газу на вулицях А і Б цього міста.

Таблиця 11 – **Ознаки отруєння монооксидом Карбону при високому вмісті карбоксигемоглобіну в крові (за Г. Феленбергом)**

<i>Концентрація СО в повітрі, % об.</i>	<i>Вміст СОНЬ в крові, %</i>	<i>Клінічні симптоми</i>
0,006	10	Ослаблення зору, легкій головний біль
0,013	20	Біль у голові і тілі, втомлюваність, тимчасова втрата свідомості
0,020	30	Втрата свідомості, параліч, порушення дихання і життєдіяльності
0,066	50	Повна втрата свідомості, параліч, припинення дихання
0,075	60	Протягом однієї години настає смерть

Задача 8. Швидкість зв'язування гемоглобіну з чадним газом залежить не тільки від концентрації СО в повітрі, але і від інтенсивності обміну речовин в організмі людини, в тому числі і від частоти дихання. Час насичення гемоглобіну оксидом Карбону (II) залежить від фізичного навантаження.



1 - важка робота (інтенсивність дихання 30л/хв.); 2 - легка робота (інтенсивність дихання 20л/хв.); 3 - спокій (інтенсивність дихання 10 л/хв.)

Рис. 2 – Насичення гемоглобіну СО при різному фізичному навантаженні

Наприклад, при надходженні в легені в стані спокою повітря об'ємом 10 л/хв із вмістом CO 0,1 об. % насичення досягається через 6 годин, при важкій роботі і інтенсивності дихання 30 л/хв воно досягається менш ніж за 2 години (рис. 2.).

Таблиця 12 – Вплив концентрації CO в повітрі на вміст карбосигемоглобіну в крові (за П. Ревеллем, Ч. Ревелем)

<i>Концентрація CO в повітрі, мг/м³</i>	<i>Частка карбосигемоглобіну в крові, %</i>	<i>Концентрація CO в повітрі, мг/м³</i>	<i>Частка карбосигемоглобіну в крові, %</i>
0	0,4	40	5,4
5	1,0	45	6,0
10	1,6	50	6,6
20	2,9	60	7,8
30	4,1		

Визначте, яку частку (у %) складе вміст карбосигемоглобіну в крові при вдиханні протягом 1 години повітря з концентрацією в ньому 0,1 об. % при виконанні а) важкої роботи; б) легкої роботи; в) в стані спокою. Які порушення здоров'я (див. табл. 11) при цьому будуть спостерігатися?

Задача 9. На автостраді великого міста в полудень концентрація O₃ склала 0,3 мг/м³. У скільки разів це значення перевищило ГДК озону для людини і критичний поріг для рослин? Які порушення здоров'я може викликати забруднення повітря озоном в такій концентрації?

Задача 10. В промислових районах і містах іноді спостерігається концентрація NO₂ 0,4-0,8 мг/м³, при утворенні фотохімічного смогу – 1 мг/м³. У скільки разів ці значення перевищують поріг виявлення NO₂, ГДК_{мр} і ГДК_{сд}. Які сенсорні і функціональні ефекти спостерігається при впливі таких концентрацій на людину?

Задача 11. Напишіть формули фреонів Ф-21, Ф-113, Ф-123. Розташуйте фреони в порядку зростання їх впливу на руйнацію озону в атмосфері. Дайте пояснення екологічного впливу фреонів на природу.

Задача 12. Запишіть формули фреонів – фторхлорвуглеводнів:
а) CH₃CCl₂F; б) CF₃CHCl₂; в) CF₂Cl₂; г) CHF₂Cl.

Який з цих фреонів найбільш небезпечний для озонового шару. Дайте стислі характеристики фреонам.

Задача 13. Визначте масу азоту в атмосфері, якщо прийняти, що весь вклад в масу атмосфери вносять тільки такі квазіпостійні компоненти повітря як азот, кисень й аргон, а об'ємна концентрація цих газів у всьому об'ємі повітря відповідає значенням, характерним для приземного шару атмосфери.

Задача 14. У скільки разів кількість молекул кисню в кубічному сантиметрі повітря на вершині Евересту (8848 м) менше, ніж середнє

значення біля поверхні Землі на рівні моря при атмосферному тиску 100 кПа і температурі повітря 10 °С?

Задача 15. Оцініть кількість кисню, який щорічно надходить в атмосферу Землі. Прийняти, що час перебування кисню в атмосфері складає 5000 років, а весь вклад в масу атмосфери вносять тільки такі квазіпостійні компоненти повітря, як азот, кисень й аргон, об'ємна концентрація яких у всьому об'ємі повітря відповідає значенням, характерним для приземного шару атмосфери.

Задача 16. Кількість метану який потрапляє щорічно з поверхні Землі в атмосферу становить 550 млн т. Середній вміст метану в шарі атмосфери, на який припадає 90 % її маси, становить $1,7 \text{ млн}^{-1}$. Визначте час перебування метану в цьому шарі атмосфери, якщо прийняти, що в інших частинах атмосфери він відсутній.

Задача 17. Оцініть час перебування аміаку в атмосфері, якщо його концентрація приймається рівною $0,005 \text{ мг/м}^3$, а інтенсивність надходження оцінюється в 74 млн т/рік в перерахунку на Нітроген.

Задача 18. Використовуючи дані табл. 5, виразіть вміст головних катіонів і головних аніонів для середнього складу річкової води в ммольах на дм^3 (літр), ммоль-екв на літр і грамах на дм^3 (літр).

Задача 19. За даними хімічного аналізу підземної води визначте відповідно до класифікацій Альокіна, Суліна, Щукарева і Курлова тип і групу, до яких вона належить: мінералізація – 2,5 г/л; вміст CO_2 – 0,2 г/л; Na^+ – 30,2 %-екв; Cl^- – 14,3 %-екв; Ca^{2+} – 57,3 %-екв; SO_4^{2-} – 47,8 %-екв; Mg^{2+} – 12,5 %-екв; HCO_3^- – 37,9 %-екв. Охарактеризуйте генетичні умови формування її хімічного складу.

Задача 20. Представте у вигляді формули середній склад річкової води, в якій концентрація розчиненого діоксиду карбону складає 1020 мг/дм^3 .

Задача 21. Скільки грамів NaCl міститься в 1 кг морської води, що відібрана в одній з заток Чорного моря, якщо хлорність дорівнює 20 ‰?

Задача 22. До якого класу вод за мінералізацією потрібно віднести природні води, склад яких відповідає середньому складу морської води? При оцінці прийняти, що: **а)** інші домішки у воді відсутні; **б)** густина води дорівнює 1000 г/дм^3 ; **в)** при експериментальному визначенні мінералізації всі іони гідрогегенкарбонату перейдуть в карбонат-іони, а інші іони повністю переходять у безводні солі, що стійкі при $T = 105 \text{ }^\circ\text{C}$.

Задача 23. Охарактеризуйте середній склад річкової води у відповідності з класифікацією, розробленою О.О. Альокіним.

Задача 24. Визначте значення загальної й карбонатної твердості для середнього складу атмосферних опадів. Відповідь дайте в молях на дм^3 (літр), німецьких, французьких і американських градусах твердості. До якої групи вод за величиною твердості потрібно віднести ці води?

Задача 25. За наведеними в табл. 13 і 14 даними охарактеризуйте вплив атмосферних опадів і вилуговування на формування хімічного складу річкових вод для різних природних регіонів України (у чисельнику – вміст в мг/дм³, у знаменнику – частка у складі річкових вод, %). Запишіть склад води у вигляді формули Курлова. Охарактеризуйте склад води, сформований за рахунок надходження іонів з опадами, і внесок вилуговування порід у формування мінералізації річкових вод.

Таблиця 13 – Середній хімічний склад розчинених у річкових водах території України мінеральних речовин, які надійшли з атмосферними опадами

<i>Природні регіони</i>	<i>Мінеральні речовини</i>						<i>Сума іонів</i>
	<i>Ca²⁺</i>	<i>Mg²⁺</i>	<i>Na⁺ + K⁺</i>	<i>HCO₃⁻</i>	<i>SO₄²⁻</i>	<i>Cl</i>	
Полісся	$\frac{3}{5}$	$\frac{4}{50}$	$\frac{5}{56}$	$\frac{9}{5}$	$\frac{21}{100}$	$\frac{4}{40}$	$\frac{46}{17}$
Лісостеп	$\frac{4}{5}$	$\frac{3}{16}$	$\frac{4}{10}$	$\frac{11}{4}$	$\frac{23}{33}$	$\frac{5}{7}$	$\frac{50}{9}$
Степ	$\frac{5}{3}$	$\frac{4}{6}$	$\frac{5}{2}$	$\frac{10}{3}$	$\frac{28}{5}$	$\frac{7}{2}$	$\frac{59}{3}$
Передкарпаття	$\frac{5}{10}$	$\frac{4}{50}$	$\frac{5}{22}$	$\frac{9}{6}$	$\frac{29}{67}$	$\frac{5}{15}$	$\frac{57}{18}$
Гірські і Вулканічні Карпати	$\frac{3}{9}$	$\frac{3}{60}$	$\frac{3}{33}$	$\frac{6}{6}$	$\frac{17}{100}$	$\frac{3}{38}$	$\frac{35}{20}$
Закарпатська рівнина	$\frac{3}{9}$	$\frac{2}{40}$	$\frac{3}{27}$	$\frac{5}{4}$	$\frac{17}{100}$	$\frac{3}{25}$	$\frac{33}{17}$
Кримська гірська країна	$\frac{3}{15}$	$\frac{2}{67}$	$\frac{3}{43}$	$\frac{8}{13}$	$\frac{8}{57}$	$\frac{3}{43}$	$\frac{27}{23}$
Україна в цілому	$\frac{4}{6}$	$\frac{3}{18}$	$\frac{4}{8}$	$\frac{9}{4}$	$\frac{21}{22}$	$\frac{5}{9}$	$\frac{46}{9}$

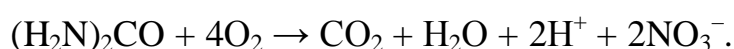
Таблиця 14 – Середній хімічний склад розчинених у річкових водах території України мінеральних речовин, які формуються за рахунок вилугування порід

Природні регіони	Мінеральні речовини						
	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺ + K ⁺	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl	Сума іонів
Полісся	52	4	2	156	0,0	4	218
	95	50	22	95	0,0	40	81
Лісостеп	79	11	29	275	32	20	446
	95	58	70	96	46	53	83
Степ	187	34	87	356	181	88	933
	97	49	33	97	34	28	54
Передкарпаття	45	4	15	144	9	10	227
	90	37	65	94	23	80	74
Гірські і Вулканічні Карпати	30	2	6	108	0,0	4	142
	91	40	65	96	0,0	49	79
Закарпатська рівнина	29	2	6	108	0,0	5	150
	91	40	55	96	0,0	42	79
Кримська гірська країна	17	1	3	56	5	3	85
	85	33	43	87	36	43	74
Україна в цілому	67	9	22	195	32	19	344
	94	53	45	96	33	33	70

Задача 26. Розрахуйте концентрацію іонів Гідрогену в пробах дощової води, взятих для обстеження в двох промислових зонах, якщо їх рН було 5 і 8 відповідно. У скільки разів концентрацію іонів Н⁺ в першій пробі більше (або менше), ніж в другій?

Задача 27. Концентрація іонів Н⁺ в пробі води, яку получили при таненні снігу, що зібрали біля крупної автомагістралі, складала 10⁶ моль/дм³, а в другій пробі, зібраної біля цементного заводу, – 10⁹ моль/дм³. Розрахуйте рН обох проб снігу і зробіть висновок, чи можна їх віднести до кислотних опадів?

Задача 28. Сечовина (H₂N)₂CO – кінцевий продукт метаболізму білків у тварин – як забруднювач може потрапляти у водойми, де вона розкладається за допомогою аеробних бактерій:



Визначте повну БПК (біологічну потребу кисню) води об'ємом 1000 дм³ у разі потрапляння до неї 30 г цієї сечовини.

Задача 29. На скільки моль зменшиться рівноважна концентрація кисню в кожному літрі верхнього шару води природної водойми при збільшенні температури приземного повітря с 5 до 15 °С, якщо парціальний тиск кисню не змінився, концентрація кисню відповідає середнім для приземного шару значенням, тиск повітря 1000 гПа? Парціальним тиском парів води можна знехтувати.

Задача 30. Яка з двох природних вод більш агресивна по відношенню до гіпсу ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), якщо активності катіонів Кальцію і сульфат-іонів для першої і другої води складають приблизно: $a_i(\text{Ca}^{2+}) = 10^{-3}$ моль/дм³; $a_i(\text{Ca}^{2+}) = 10^{-2,8}$ моль/дм³; $a_i(\text{SO}_4^{2-}) = 10^{-1,5}$ моль/дм³; $a_i(\text{SO}_4^{2-}) = 10^{-2}$ моль/дм³? Активність гіпсу в твердій фазі прийняти рівною одиниці. Температура і тиск стандартні.

Задача 31. За даними, що наведені в табл. 15, розрахуйте загальну мінералізацію і твердість підземних вод. Визначте клас, групу і найменування підземних вод за класифікацією С.А. Щукарева. Запишіть результати аналізу води у вигляді формули М.Г. Курлова.

Таблиця 15 – Варіанти завдання

Варіант	рН	Вміст головних іонів, мг/дм ³					
		HCO_3^-	SO_4^{2-}	Cl^-	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+
1	7,3	180	15	20	30	13	30
2	8,2	3505	22	292	1110	46	161
3	7,3	830	66	14	249	35	83
4	7,5	228	6	4	44	4	32
5	8,4	962	637	732	271	61	706
6	7,1	320	322	270	-	5	443
7	8,1	2301	7412	155	2130	927	317
8	7,5	210	790	8693	3106	100	2300
9	6,8	255	96	537	175	18	259
10	6,9	305	67	56	49	10	104

Орієнтовно оцініть придатність води для господарсько-побутового призначення, вважаючи, що за органолептичними і бактеріальними показниками вона придатна для пиття. Вимоги до води господарсько-питного призначення: рН від 6,5 до 8,5; мінералізація – не більше 1 г/дм³ розчинених солей (у деяких південних районах допускають перевищення мінералізації до 2-3 г/дм³ за узгодженням із нормами санепідемслужби); загальна твердість – не повинна перевищувати 7 мг-екв/дм³ (у виняткових випадках, з дозволу санепідемслужби, можуть бути використані для водопостачання підземні води із загальною твердістю до 10 мг-екв/дм³).

Задача 32. Який процес – розчинення чи осадження гіпсу – буде проходити при його контакті з природною водою, в якій активності катіонів Ca^{2+} і аніонів SO_4^{2-} складають $10^{-3,5}$ і $10^{-2,5}$ моль/дм³ відповідно? Температура і тиск відповідають стандартним умовам.

Задача 33. Який з мінералів, що не містить домішок, – гіпс ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) чи ангідрит (CaSO_4) – більш стійкий у водному розчині при нормальному атмосферному тиску й температурі 60 °С?

Задача 34. Скільки міліграмів іонів фтору може міститися за нормальних умов в природній воді, що знаходиться в рівновазі з флюоритом (CaF_2), який не містить домішок, якщо у воді міститься хлорид натрію в концентрації 0,03 М?

Порівняйте отримані значення з гранично допустимою концентрацією іонів фтору у водоймах рибогосподарського призначення, якщо $\text{ГДК}_{\text{фтору}} = 0,75$ мг/дм³.

Задача 35. Яке значення рН спостерігалось в епоху зледеніння в дощовій воді, що знаходиться в рівновазі з атмосферним повітрям і містить в якості домішок («активних компонентів») лише діоксид карбону, якщо його вміст в приземному шарі повітрі складав 200^{-1} млн? На скільки одиниць змінилося значення рН до теперішнього часу при вмісті CO_2 в атмосферному повітрі 0,035 % (об.)? Прийняти температуру повітря рівною 298 К, тиск 101,3 кПа, а парціальний тиск парів води 0,031 атм.

Задача 36. Яке значення рН слід очікувати в дощовій воді, яка знаходиться в рівновазі з атмосферним повітрям, що містить в якості домішок («активних компонентів») лише діоксиду карбону в кількості 0,035 % (об.)? На скільки одиниць може змінитися рН при збільшенні в два рази вмісту CO_2 в атмосферному повітрі, що прогнозується? Прийняти температуру повітря рівної 300 К, тиск – 1,1 атм, парціальний тиск пари води – $3,2 \cdot 10^{-3}$ атм.

Задача 37. Яке значення рН слід очікувати у дощової води, що знаходиться в рівновазі з атмосферним повітрям, що містить 0,035 % (об.) діоксиду карбону, 1,5 млрд⁻¹ діоксиду сульфуру, а також 1,2 млрд⁻¹ аміаку? Температура повітря дорівнює 298 К, тиск 101 кПа; парціальний тиск парів води прийняти рівним 3,16 кПа. Який внесок (у %) вносять ці домішки в процес підкислення дощової води?

Задача 38. Проба природної води має лужність 1,5 ммоль/дм³, значення рН цієї води дорівнює 7, температура 298 К. Оцініть концентрацію компонентів карбонатної системи в даній пробі. Яким буде парціальний тиск діоксиду карбону в повітрі, що знаходиться в рівновазі з цією водою? Які значення концентрацій компонентів карбонатної системи будуть спостерігатися в цій воді, якщо контакт з повітрям буде порушено (надходження CO_2 не буде), а в результаті протікання фотосинтезу рН стане рівним 10,5? Процеси розчинення або осадження карбонатів в

системі не відбувалися. Прийняти коефіцієнти активності компонентів карбонатної системи рівними одиниці.

Задача 39. Середній склад води в озері (млн⁻¹): Na⁺ – 139; Cl⁻ – 100; Mg²⁺ – 56; SO₄²⁻ – 453; Ca²⁺ – 93; HCO₃⁻ – 173. Визначте середнє значення твердості і лужності води. Запишіть її середній склад у вигляді формули. До якого типу і класу за класифікацією О.О. Альокіна слідує віднести ці води?

Задача 40. Яке значення рН в 2080 р. будуть мати поверхневі води, що знаходяться в рівновазі з атмосферним повітрям, в якому серед «активних» домішок присутній лише діоксид карбону, і карбонатними породами, що складаються з кальциту (CaCO₃)? Очікується, що концентрація діоксиду карбону в повітрі до 2080 р. досягне 600 млн⁻¹. Температура дорівнює 298 К, загальний тиск повітря – 101,3 кПа, парціальний тиск парів води – 3160 Па. При оцінці прийняти, що коефіцієнти активності всіх компонентів дорівнюють одиниці.

Задача 41. Яку твердість й лужність будуть мати поверхневі води, що знаходяться у рівновазі з атмосферним повітрям, в якому серед «активних» домішок присутні лише діоксид карбону, і карбонатними породами, що складаються з кальциту? Концентрація діоксиду карбону в повітрі дорівнює 600 млн⁻¹, температура – 298 К, загальний тиск повітря – 101,3 кПа, парціальний тиск парів води - 3160 Па. При оцінці прийняти, що коефіцієнти активності всіх компонентів дорівнюють одиниці.

Задача 42. Визначте рН води, що знаходиться в рівновазі з CO₂ атмосфери й магnezитом (MgCO₃), якщо концентрація CO₂ в повітрі дорівнює 342 ppm, температура 25° С.

Задача 43*. Яка кількість (в мг/дм³) органічної речовини умовної формули CH₂O могла утворитися у водоймі в процесі фотосинтезу, якщо був порушений контакт з повітрям й карбонатними породами, розчинення або виділення діоксиду карбону й карбонату кальцію не відбувалося? Лужність води у вихідному розчині 1,5 ммоль/дм³, рН = 7. В процесі фотосинтезу рН збільшилося до значення 10,5. Процес протікав при нормальному тиску й температурі 298 К.

Задача 44*. Як зміниться рН у водоймі в результаті процесу фотосинтезу, якщо надходження CO₂ відсутнє? Температура водойми 25 °С, лужність води 1,5 ммоль/дм³, початкове значення рН = 7,8. В процесі фотосинтезу в кожному літрі води утворилось 25 мг органічних сполук умовної формули CH₂O.

Задача 45*. Яке значення буде мати редокс-рівень системи, що визначається верхньою межею стійкості води, якщо парціальний тиск кисню в повітрі, що знаходиться в рівновазі з підземною водою, знизиться з 1 до 0,01 атм, а рН розчину буде рівний 5?

Задача 46*. Який парціальний тиск кисню повинен відповідати редокс-рівню системи, в якій протікає анаеробний процес відновлення

діоксиду карбону до метану ($p\bar{e} = -4,2$), при встановленні рівноваги, якщо рН розчину дорівнює 8,3?

Задача 47*. Яка максимальна кількість (в мг) органічних речовин загальної формули $C_{106}H_{263}O_{110}N_{16}P$ може бути окиснена за рахунок розчиненого кисню (при високих значеннях $p\bar{e}$) в кожному dm^3 (літрі) природної води, що знаходиться в рівновазі з приземним повітрям (температура 298 К, загальний тиск – 101,3 кПа, парціальний тиск парів води – $3,1 \cdot 10^3$ Па), якщо контакт з повітрям був перерваний і надходження додаткового кисню в процесі окиснення не було?

Задача 48*. На яку максимальну глибину може опуститися рівень природного вапнякового плато до 3000 року за рахунок розчинення карбонату кальцію у дощовій воді, що випадає на плато, якщо вона повністю стікає з поверхні плато, але лише після встановлення рівноваги між дощовою водою, карбонатом кальцію і атмосферним повітрям? Рівень опадів, що випадають щорічно на плато, прийняти однаковим і рівним 900 мм/рік. Концентрація діоксиду Карбону в повітрі стабілізувалася на рівні 0,060 % (об.), температура весь час складала 298К; загальний тиск повітря – 101,3 кПа. Густина вапняку – $2,7$ г/см³. Як «активна» домішка в повітрі присутній тільки діоксид Карбону.

Задача 49*. Побудуйте діаграму $p\bar{e}$ –рН для системи Fe–O–H₂O, беручи до уваги тільки наступні перетворення:

1) Fe_2O_3 – Fe_3O_4 ; 2) Fe^{3+} – Fe_2O_3 ; 3) Fe^{3+} – Fe^{2+} ; 4) Fe_2O_3 – Fe^{2+} .

Опишіть області стійкого існування сполук Феруму при різних значеннях рН. Прийняти, що концентрації іонів Fe^{3+} і Fe^{2+} дорівнюють 10^{-9} моль/дм³.

Задача 50*. Визначте співвідношення активностей іонів Fe^{2+} і Fe^{3+} у водіймі, що має рН 8,3 і яке інтенсивно аерується повітрям. Атмосферний тиск 95 кПа, температурі 25° С і парціальному тиску водяної пари $P_{H_2O} = 3170$ Па.

Задача 51*. Розрахуйте БСК₅ для води ставка об'ємом 2700 м³, в який потрапило господарське мило ($C_{17}H_{35}COONa$) в кількості 1,5 кг. Процес його розкладання до CO_2 і H_2O зайняв 5 діб.

Задача 52*. Розрахуйте БСК₅ для процесу окиснення прального порошку такого складу $NaSO_3C_6H_4(CH_2)_{11}CH_3$ до $NaSO_3C_6H_4COOH$. Якщо початкова концентрація порошку дорівнює 0,16 г/дм³.

Задача 53*. Середня концентрація ОН-радикалів у воді гірських озер Карпат складає $2 \cdot 10^{-16}$ моль/дм³. Швидкість їх генерації під впливом УФ-компонентів сонячного випромінювання оцінюється величиною $2 \cdot 10^{-5}$ моль/л·кВт. Яка кількість ОН-радикалів утворюється за рік під впливом сонячного випромінювання на 1 м² поверхні озера, якщо інтегральна кількість енергії, що поглинається за цей час, дорівнює 1300 кВт·год/м²?

Задача 54*. Яка концентрація іонів Pb^{2+} у воді озера, що знаходиться в рівновазі з галенітом (PbS), якщо береги озера утворенні карбонатними породами? Відповідь доповніть відповідними рівняннями реакцій.

Задача 55*. Яка концентрація іонів Pb^{2+} у воді озера, що знаходиться третій стадії закиснення? Вкажіть відповідні рівняння реакцій та зробіть висновок які необхідно зробити припущення при відповіді на це питання.

Задача 56*. В лабораторному експерименті концентрація OH^- -радикалів у воді підтримується постійною і рівною $2,4 \cdot 10^6 \text{ см}^{-3}$. Повітря, об'ємом 10 дм^3 з початковою концентрацією NO_2 , яка дорівнює $3,5 \text{ ppm}$, знаходиться в контакті з $0,01 \text{ дм}^3$ води протягом $4,5$ годин. Найдіть рН розчину, якщо константа швидкості реакції окиснення діоксиду нітрогену радикалами OH^- дорівнює $2,4 \cdot 10^{11} \text{ см}^3 \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{с}^{-1}$.

Задача 57*. Яка частка розчинених органічних речовин, що містяться у верхньому десятиметровому шарі Каспійського моря, може бути окиснена протягом року в результаті взаємодії з OH^- -радикалами, що генеруються при поглинанні сонячного випромінювання? Інтегральна кількість енергії випромінювання, що поглинається водою, оцінюється величиною $1300 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{м}^2$. Інтенсивність утворення OH^- -радикалів складає $2 \cdot 10^{-5} \text{ моль} / \text{кВт}$. Площа Каспійського моря – $376 \cdot 10^3 \text{ км}^2$; концентрація розчинених органічних речовин із середньою молярною масою $120 \text{ г} / \text{моль}$ – $4 \text{ мг} / \text{дм}^3$. Хімічна реакція протікає в мольному співвідношенні 1:1.

Задача 58*. Вода з лужністю, що дорівнює $4 \cdot 10^{-3} \text{ г-екв} / \text{дм}^3$, має рН = 5,5. Визначте концентрації іонів HCO_3^- , CO_3^{2-} , OH^- - і розчиненого CO_2 . Як зміниться лужність при зниженні рН до 4,0?

Задача 59*. Озеро, що містить $5,2 \cdot 10^6 \text{ м}^3$ води, знаходиться на третій стадії закиснення (рН = 4,5). Яку кількість доломіту (тонн) необхідно розпилити над поверхнею озера, щоб підняти рН до 5,6 (кислотність визначається тільки вільними іонами H^+)?

Задача 60*. Яким повинно бути рН в калюжі дощової води на поверхні доломіту при $25 \text{ }^\circ\text{C}$ в умовах рівноваги?

2.3 Методичні вказівки до практичних занять до розділу 2 «ВПЛИВ РІЗНОМАНІТНИХ ХІМІЧНИХ РЕЧОВИН НА СТАН ҐРУНТУ. ПРИЧИНИ, ХАРАКТЕР, НАСЛІДКИ ХІМІЧНИХ КАТАСТРОФ»

Метою вивчення другого розділу є процеси переносу, накопичення і трансформації речовин в навколишньому середовищі при хімічному забрудненні його.

Усі присутні у біосфері хімічні речовини як природного, так й антропогенного походження складають хемосферу. Із природних джерел людиною синтезовано та виділено близько бмлн хімічних речовин. Ця

цифра щороку збільшується на 5 %. Серед таких речовин антропогенного характеру є мутагени, канцерогени, тератогени. Одним із найважливіших завдань хімічної екології є дослідження перетворень, які відбуваються з речовинами в екосистемах різного ієрархічного рівня, біотрансформації антропогенних речовин та механізмів їх шкідливої дії на організми, екосистеми та біосферу в цілому.

Речовина, один раз потрапивши в навколишнє середовище, може переноситися в незміненому вигляді чи трансформуватися в ході фізичних процесів, зазнавати хімічної трансформації, піддаватися біотрансформації. В узагальненому вигляді ці процеси можуть бути представлені в такий спосіб:

- транспорт (перенесення хімічної речовини і її міжсередовищні переходи);
- фізична трансформація (випаровування, осадження тощо);
- хімічна трансформація (фотоліз, гідроліз, окиснення чи відновлення тощо);
- біологічна трансформація (біотрансформація);
- акумуляція в одному або декількох середовищах.

Поведінка речовини в навколишньому середовищі визначається багатьма факторами:

- особливостями поведінки її в повітрі, воді, ґрунті і біологічних середовищах;
- можливістю сорбуватися або залишатися на поверхні;
- принциповими механізмами обміну і переміщення в кожному об'єкті природного середовища;
- реакціями з іншими складовими навколишнього середовища;
- тривалістю перебування речовини в кожному об'єкті природного середовища і характером зміни концентрацій з часом в кожному з них;
- продуктами перетворення або розкладання речовин, які можуть утворюватися в природному середовищі, ступенем їх екологічної і біологічної небезпеки; поведінкою цих продуктів в природному середовищі;
- можливістю встановлення динамічної рівноваги концентрації речовини в природному середовищі або в окремих її об'єктах;
- характером поширення речовини в природному середовищі і окремих об'єктах, різними видами і формами речовини, особливостями різних кліматогеографічних районів і ландшафтних умов, різним часом доби або сезоном.

Важливе значення для оцінки шляхів міграції та трансформації хімічної речовини в природному середовищі мають її фізико-хімічні властивості і характеристики досліджуваної зони (наприклад, особливості будови ґрунту – глибина залягання прикореневої зони, ґрунтових вод тощо).

Оскільки склад поверхні Землі завдяки процесам розсіювання та концентрування хімічних елементів неоднорідний, на ній виявляються території з підвищеним або пониженим вмістом тих або інших хімічних елементів. Ці області, що відрізняються від сусідніх областей вмістом хімічних елементів (сполук) і, внаслідок цього, викликають різну біологічну реакцію з боку місцевої флори і фауни, отримали назву біогеохімічних провінцій. Вміст елементів в цих провінціях може бути вище або нижче їх біологічного оптимуму. Доведено, що від хімічного елементного складу навколишнього середовища залежить морфологічна і фізіологічна мінливість організмів, їх розмноження, зростання і розвиток. В процесі еволюції організми адаптувалися до певного хімічного складу середовища. Тому порушення балансу хімічних елементів в середовищі, як це відбувається в біогеохімічних провінціях, викликає патологічні зміни в рослинах, організмі тварин і людини. Біогеохімічні провінції є центрами вираженої мінливості обміну речовин організмів. В екстремальних геохімічних умовах можливі мутації різних організмів і загострений природний відбір, внаслідок чого можуть виникати популяції з новими біохімічними і морфологічними ознаками. Істотну роль відіграють такі чинники, як чутливість видів або індивідуумів в межах популяцій, а також можливість накопичення мікроелементів і процес синтезу елементоорганічних сполук.

Біологічні реакції організмів на зміну геохімічних чинників можуть виявлятися в наступних формах:

- а) толерантності (приспосованості);
- б) утворенні нових рас, видів, підвидів;
- в) ендемічних захворювань;
- г) загибель організмів.

Останні дві форми виявляються у випадках різкої нестачі або надмірності якого-небудь елемента в середовищі.

Небезпека сучасної екологічної ситуації полягає в тому, що порушуються численні механізми гомеостазу, якщо не в біосфері, то у великих екосистемах, наслідком яких є регіональні кризи. В стадію глобальної кризи біосфера, на щастя, поки що не вступила. Проте окремі великі збурення вона вже гасити не в змозі. Наслідком цього є або розпад екосистеми (збільшуються площі спустошених земель), або поява нестійких агроценозів чи урбанізованих (міських) комплексів.

Серед речовин антропогенного походження, що негативно впливають на біосферу, найбільше значення мають закислюючі агенти (оксиди Карбону, Сульфуру, Нітрогену), фотооксиданти (пероксиацетилнітрат, пероксибензоїлнітрат та ін.), метали і металоїди (Меркурій, Кадмій, Плюмбум, Арсен та ін.), а також їх сполуки, органічні політанти (пестициди, нафтопродукти), компоненти мінеральних добрив (проблеми

забруднення навколишнього середовища і рослинницької продукції нітратами), радіонукліди.

Коли сумарне антропогенне навантаження перевищує стійкість ландшафту, його здатність до самоочищення, виникають гострі екологічні ситуації. Ступінь екологічної небезпеки відтворює міра відхилення певних параметрів (ознак, факторів), які характеризують стан природного середовища, від їх установлених (оптимальних, допустимих) значень, у сучасному екологічному картографуванні прийнято 5 градацій територій за ступенем гостроти екологічної ситуації: задовільна, напружена, критична, кризова (зона надзвичайної екологічної ситуації) і катастрофічна (зона екологічного лиха). Критерії оцінки екологічної обстановки за геохімічними показниками наведені в табл. 19.

Важливу роль у формуванні екологічної ситуації (забруднення і самоочищення) ландшафтів міст відіграють природні й антропогенні фактори. Основні природні фактори, які визначають характер самоочищення ландшафтів, наведено в табл. 16.

Таблиця 16 – **Фактори самоочищення ландшафтів**

<i>Атмосфера</i>	<i>Поверхневі і ґрунтові води</i>	<i>Ґрунти</i>
Температура повітря	Температура води	Температура верхнього шару ґрунту
Сонячна радіація	Сонячна радіація	Сонячна радіація
Кількість опадів	Кількість опадів	Кількість опадів
Вітер	Швидкість течії	Характер та інтенсивність біологічного кругообігу
Кількість штилів	Окисно-відновні і кислотно-лужні умови	Окисно-відновні (Eh) і кислотні (pH) умови
Температурні інверсії в приземному шарі атмосфери	Механічний і мінералогічний склад ґрунту і ґрунтоутворюючих порід	Вміст гумусу і його якісний склад
Фотосинтетична активність біоценозів	Характер залягання ґрунтових вод	Механічний склад ґрунту
Висота і густина деревостою	Біохімічна активність живої речовини	Ємність поглинання

Розрахунок орієнтовного сумарного навантаження по Нітрогену і Сульфурі в зоні дії промислового підприємства при відомих концентраціях в приземному шарі оксидів Нітрогену і Сульфурі проводять за формулою:

$$P_{N,S} = C_{N,S} \cdot V_i \cdot K,$$

де $P_{N,S}$ – питоме навантаження по Сульфуру і Нітрогену, $\text{кг}/\text{км}^2 \cdot \text{добу}$;

$C_{N,S}$ – сумарна концентрація N або S, розрахована виходячи з частки цих елементів (по масі) в сполуках, $\text{мг}/\text{м}^3$;

V_i – швидкість випадання, рівна $0,125 \text{ см}/\text{с}$;

K – безрозмірний коефіцієнт пропорційності, рівний 864.

При цьому еталонами слугують нормовані навантаження по окремим домішкам (табл. 17).

Критичне навантаження по Нітрогену приймається рівним $1 \text{ т}/\text{км}^2 \cdot \text{рік}$, по Сульфуру - $2 \text{ т}/\text{км}^2 \cdot \text{рік}$.

Таблиця 17 – **Критичні навантаження по речовинам, що впливають на рослинність і водні екосистеми**

<i>Показники</i>	<i>Критичні навантаження, т/км²·рік</i>		
	<i>Параметри</i>		<i>Норма</i>
	<i>Екологічне лихо</i>	<i>Надзвичайна екологічна ситуація</i>	
Сполуки Сульфуру	>5	3-5	<0,32
Сполуки Нітрогену	>4	2-4	<0,28

Для комплексної оцінки якості урбанізованої території слід застосовувати сумарні екологічні навантаження за всіма забруднюючими речовинами, які є непрямим критерієм якості території промислового міста (табл. 18)

Таблиця 18 – **Оцінка якості території по величині сумарного екологічного навантаження**

<i>Значення сумарних екологічних навантажень, т/км² рік</i>	<i>Характеристика території</i>
0-50	Порівняно чиста територія
50-100	Помірно забруднена територія
100-200	Сильно забруднена територія
>200	Територія з перевищенням гранично допустимого навантаження

Таблиця 19 – Критерії еколого-геохімічної оцінки територій

<i>Показники</i>	<i>Параметри</i>				
	<i>катастрофічна</i>	<i>кризова</i>	<i>критична</i>	<i>напружена</i>	<i>задовільна</i>
Забруднення питної води					
Вміст речовин 1-го класу небезпеки (Be, Hg), ГДК	>3	2-3	1,5-2	1-1,5	<1
Вміст речовин 2-го класу небезпеки (Al, Ba, B, Cd, Mo, As, Pb, Sr), ГДК	>10	5-10	3-5	1-3	<1
Вміст речовин 3-4-го класів небезпеки (Ni, Cr, Cu, Mn, Zn), ГДК	>15	10-15	5-10	1-5	<1
Забруднення ґрунтів селітебних територій					
Zc	>128	64-128	32-64	16-32	<16
Забруднення поверхневих вод					
Вміст речовин 1-2 класів небезпеки, ГДК	>10	5-10	3-5	1-3	<1
Вміст речовин 3-4 класів небезпеки, ГДК	>100	50-100	20-50	1-20	<1
Забруднення ґрунтів					
Вміст речовин 1 класу небезпеки (As, Cd, Hg, Pb, Zn), ГДК	>3	2-3	1,5-2	1-1,5	<1
Вміст речовин 2 класу небезпеки (B, Co, Ni, Mo, Cu, Cr), ГДК	>10	5-10	3-5	1-3	<1
Вміст речовин 3 класу небезпеки (V, Mn), ГДК	>20	10-20	5-10	1-5	<1
Частка забрудненої с/г продукції, % від перевіреної	>50	25-50	10-25	5-10	<5

Для підготовки до практичних занять необхідно використовувати наступну літературу:

- 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 – багатокomпонентна 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.

2.3.1 Питання до самоконтролю студентів після вивчення тем практичного змістовного модуля «ЗМ-П2»

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.
17. Поясніть, в чому полягає небезпека сучасної екологічної ситуації?
18. Наведіть приклади забруднюючих речовин і їх джерела надходження в біосферу. Які полютанти, що надходять до біосфери, є найшкідливішими?
19. Охарактеризуйте шляхи трансформації хімічних речовин в навколишньому середовищі. Які фактори визначають поведінку забруднюючих речовин в навколишньому середовищі?
20. Що таке геохімічна провінція? Дайте характеристику залежності регуляторних процесів в організмі від недостатнього та надлишкового вмісту окремих мікроелементів. Як називаються захворювання, які викликані аномальним вмістом деяких елементів у воді, ґрунті? Які аномалії існують у вашій області?
21. У чому суть явища біологічного накопичення токсичних речовин.
22. Дайте визначення геохімічних параметрів «кларк» і «кларк концентрації».
23. Охарактеризуйте основні складові глобального циклу біогенних елементів. Для якого з елементів живлення глобальний цикл масообміну відрізняється якнайменшою замкнутістю?
24. Чому велику частину циклічних процесів масообміну, що відбуваються в біосфері, можна класифікувати як біогеохімічні? Які елементи найбільш активно залучаються до біохімічного кругообігу і які є самими інертними?
25. Виділіть основні моменти функціонування біогеохімічних циклів хімічних елементів. Що є характерною особливістю «великого» геологічного кругообігу речовини?
26. В чому особливість біологічного кругообігу хімічних елементів? Назвіть відмінні риси біохімічного кругообігу в гідросфері і ґрунті.
27. За якими показниками проводиться оцінка інтенсивності та напряму біологічного кругообігу речовин в екосистемах? Дайте їх

- характеристику.
28. Проаналізуйте деформацію глобальних, регіональних і локальних біогеохімічних циклів в результаті господарської діяльності людини.
 29. Які фактори впливають на хімічний склад ґрунтів? Як можна оцінити роль біологічного кругообігу у формуванні хімічного складу ґрунтів?
 30. Які головні особливості фізико-хімічних процесів, що відбуваються в ґрунті? Які чинники можуть істотно впливати на інтенсивність цих процесів?
 31. Дайте характеристику буферної здатності ґрунтів і її значення.
 32. Які речовини можна використовувати для розкислювання ґрунтів?
 33. Чим характеризується інтенсивність та напрямок окисно-відновних процесів у ґрунті? Які фактори визначають окисно-відновний потенціал ґрунту.
 34. Які ґрунти мають більшу величину ємності катіонного обміну і чому?
 35. В результаті яких процесів в ландшафті відбувається просторовий перерозподіл хімічних елементів? Якими геохімічними показниками характеризується розподіл елементів в геохімії ландшафту?
 36. Охарактеризуйте стадії трансформації екосистем під впливом техногенезу. За якими геохімічними чинниками проводиться оцінка екологічної ситуації?
 37. Що таке геохімічна вибірка? Що вона характеризує?
 38. Як оцінюється інтенсивність водної міграції хімічних елементів?
 39. Охарактеризуйте основні природні фактори, які визначають самоочищення ландшафтів.
 40. Що таке якість води водоспоживча і екологічна? Які принципи покладені в основу екологічної класифікації якості води?

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;

2.3.2 Приклади розв'язання завдань до другого розділу дисципліни

Приклад 1. 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:

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

де m_i – маса іонів в наважці, г;

M_i – молярна маса іонів, г/моль;

$m_{\text{н}}$ – маса наважки, кг;

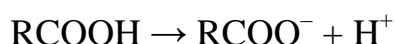
k – коефіцієнт, що враховує величину заряду відповідного іона;

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

Відповідь: ЄКО = 16 ммоль зар./кг ґрунту.

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

Розв'язання: Карбоксильні групи дисоціюють за наступною реакцією



Відповідно з цим рівнянням константа дисоціації визначається наступним співвідношенням:

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

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

Прийmemo, що x – рівноважна концентрація карбоксильних груп RCOO^- , що продисоціювали. Тоді у відповідності з хімічним рівнянням, вираз для константи дисоціації можна записати наступним чином

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

звідки

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

де $C_{\text{RCOОН}}^0$ – 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.

$$w = \frac{[\text{RCOO}^-]}{C_{\text{RCOОН}}^0};$$

$$w = \frac{5,5 \cdot 10^{-2}}{60 \cdot 10^{-2}} = 0,09.$$

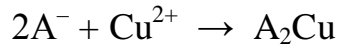
Оскільки заряд, зв'язаний з гумусом, визначається карбоксо-аніоном, а загальна величина заряду визначається його концентрацією, то шуканий заряд зв'язаний з карбоксильними групами при рН = 3 дорівнює $5,5 \cdot 10^{-2}$ моль зар./кг.

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 3. 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 моль Купруму, яка рекомендована для внесення в ґрунт, дорівнює:

$$n_{Cu} = \frac{m}{M},$$

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

M – молярна маса атомів Купруму, г/моль.

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

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

$$q_{ґрунту} = m_{гум} \cdot q_{гум}$$

де $m_{гум}$ – маса гумусу в 1 кг ґрунту, г;

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

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

Відсоток який компенсувався зарядом (w) складає:

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

Відповідь: нейтралізується 0,22 % заряду гумусу.

Приклад 4. Ємність катіонного обміну ґрунту складає 25 ммоль зар./кг. 65 % ЄКО обумовлені іонами H^+ і Al^{3+} . Розрахуйте кількість вапна (г $CaCO_3$ /кг ґрунту), яка необхідна для нейтралізації цієї обмінної кислотності.

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

$$q = \text{ЄКО} \cdot w,$$

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

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

Необхідна кількість 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 CaCO_3 /кг ґрунту.

Приклад 5. Для ґрунту з буферною ємністю $\text{БЄ} = 22$ ммоль H^+ /(кг·рН) розрахуйте буферну ємність в кг H^+ /(га·Н), вважаючи, що маса 1 га ґрунту дорівнює 2500 т. Якщо початковий ґрунт мав $\text{рН}_1 = 5,0$, визначте рН ґрунту після надходження іонів H^+ з атмосфери і продукування їх в ґрунті в кількості до 3,5 кг H^+ /(га·рік) протягом 10 років (рН_2) і рН ґрунту (рН_3) після наступного внесення 3,2 т/га вапняку, нейтралізуюча здатність якого складає 80%.

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

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

де БЄ – буферна ємність ґрунту, моль H^+ /(кг·рН);

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

$M_{\text{н}}$ – молярна маса атомів Гідрогену, кг/моль.

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

Визначення рН ґрунту ґрунтується на рівнянні балансу з урахуванням продукування і надходження іонів Гідрогену з різних джерел. Маса іонів Гідрогену ($m_{\text{н}}^+$), що надійшли в ґрунт, відповідно до умови задачі повинна дорівнювати:

$$m_{\text{н}}^+ = \text{БЄ} \cdot (\text{рН}_1 - \text{рН}_2).$$

Звідси можна отримати значення рН_2 :

$$\text{рН}_2 = \text{рН}_1 - \frac{m_{\text{н}}^+}{\text{БЄ}},$$

$$\text{рН}_2 = 5 - \frac{3,5 \cdot 10}{55} = 4,4$$

На цій стадії внесення 3,2 т CaCO₃ на 1 га ґрунту призводить до підвищення рН ґрунту до рН₃:

$$m_{\text{CaCO}_3} \cdot w = \text{БЄ} \cdot k \cdot (\text{pH}_1 - \text{pH}_2),$$

де k – коефіцієнт, що враховує величину заряду іона Кальцію, а також перерахунок буферної ємності за Гідрогеном на карбонат кальцію (див. приклад 4);

w – враховує реальну нейтралізуючу здатність карбонату кальцію.

Звідси отримуємо:

$$\text{pH}_3 = \frac{m_{\text{CaCO}_3} \cdot w}{\text{БЄ} \cdot \frac{1}{2} \cdot M_{\text{CaCO}_3} + \text{pH}_2},$$

$$\text{pH}_3 = \frac{3,2 \cdot 10^3 \cdot 0,8}{55 \cdot \frac{1}{2} \cdot 100 + 4,4} = 5,3.$$

Відповідь: БЄ = 55 кг Н⁺/(га·рН); рН₂ = 4,4; рН₃ = 5,3.

Приклад 6. Ґрунт – пориста система, що містить суміш газів (N₂, O₂, CO₂ та ін.), яка заповнює вільний від води поровий простір скелетної частини. Ґрунтове повітря має велике значення для ґрунтових процесів і росту рослин. Воно бере участь у хімічних та біохімічних процесах, які протікають у ґрунті, має вплив на окисно-відновні процеси в ґрунті, його реакцію та розчинність, міграцію хімічних сполук по ґрунтовому профілю, розвиток і функціонування рослин і мікроорганізмів. Ґрунтове повітря важливе для вуглеводного живлення рослин.

Розрахуйте об'єм кисню, який містить в 1 м³ ґрунту (в м³ O₂/м³ ґрунту) за умови, що вміст кисню у ґрунтовому повітрі становить 18 % (об.). Об'єм пор в ґрунті, заповнених за нормальних умов повітрям, дорівнює 0,32 см³/см³ ґрунту. Знайдіть масу кисню (г/м³ ґрунту), якщо температура ґрунту 17 °С.

Розв'язання: Для розрахунку вмісту кисню в ґрунті необхідно прийняти, що об'єм повітря в ґрунті дорівнює об'єму пор. Звідси об'єм O₂ у ґрунті (V_{O₂}) визначається наступним співвідношенням:

$$V_{\text{O}_2} = V_{\text{пов}} \cdot W_{\text{O}_2},$$

де V_{пов} – об'єм ґрунтового повітря;

W_{O₂} - об'ємна доля O₂ в ґрунтовому повітрі.

Об'єм кисню у ґрунті становитиме:

$$V_{\text{O}_2} = 0,32 \cdot 0,18 = 0,058 \text{ см}^3/\text{см}^3 \text{ ґрунту} = 0,058 \text{ м}^3 \text{ O}_2/\text{м}^3 \text{ ґрунту}.$$

Для відповіді на друге запитання слід мати на увазі, що об'єм пор в ґрунті і тиск повітря залишаються сталими. Використовуючи рівняння Менделєєва-Клайперона

$$PV = \frac{m}{M}RT,$$

при постійності тиску і об'ємі, можна показати, що

$$m_1(O_1)T_1 = m_2(O_2)T_2,$$

де T_1, T_2 – абсолютні температури;

$m_1(O_1), m_2(O_2)$ – маси кисню при температурах T_1 і T_2 .

Масу кисню при температурі $T_1 = 273$ К визначимо з наступного співвідношення:

22,4 м³ O₂ за нормальних умов відповідають масі кисню 32 кг;

0,058 м³ O₂/м³ ґрунту відповідають масі кисню t_2 кг/м³ ґрунту;

$$m_1(O_2) = \frac{0,058 \cdot 32}{22,4} = 0,083 \text{ кг/м}^3 \text{ ґрунту.}$$

Звідси маса кисню при температурі $T_2 = 290$ К:

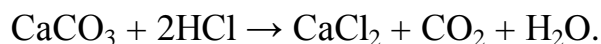
$$m_2(O_2) = \frac{0,083 \cdot 273}{290} = 78 \cdot 10^{-3} \text{ кг O}_2/\text{м}^3 \text{ ґрунту} = 78 \text{ г O}_2/\text{м}^3 \text{ ґрунту.}$$

Відповідь: об'єм кисню, який міститься в 1 м³ ґрунту, складає 0,058 м³, маса – 78 г.

Приклад 7. Карбонати в ґрунтах визначають гравіметричним або титрометричним методом. Більш зручним і придатним для масових аналізів є титрометричний метод, який полягає в обробці твердої проби надлишком розчину соляної кислоти з наступним титруванням її залишку розчином лугу.

Наважка ґрунту масою 10 г оброблена 25 мл 2 М НСl. По завершенню реакції надлишок кислоти відтитрували стандартним розчином NaOH. Розрахунки показують, що на реакцію з ґрунтом витрачається 22,5 мл кислоти. За умови, що кислота реагує тільки з CaCO₃, розрахуйте відсотковий вміст цієї речовини (по масі) в ґрунті. Якщо кислота реагує з доломітом CaMg(CO₃)₂, знайдіть відсотковий вміст цієї речовини в ґрунті.

Розв'язання: Соляна кислота взаємодіє з карбонатом кальцію за рівнянням:



Визначимо число моль кислоти яке прореагувало з CaCO₃:

$$n = C(\text{HCl}) \cdot V(\text{HCl}),$$

де $C(\text{HCl})$ – концентрація соляної кислоти;

$V(\text{HCl})$ – об'єм кислоти, який пішов на взаємодію з ґрунтом ($V = 2,25 \cdot 10^{-3} \text{ дм}^3$).

$$n = 2 \cdot 2,25 \cdot 10^{-3} = 4,5 \cdot 10^{-2} \text{ моль/}$$

Згідно стехіометрії рівняння, число моль карбонату кальцію, що прореагувало з кислотою – $2,25 \cdot 10^{-2}$ моль.

Маса CaCO_3 в пробі ґрунту складе:

$$m = M \cdot n,$$

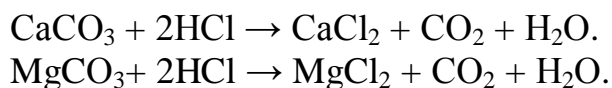
де M – молярна маса CaCO_3 .

$$m = 100 \cdot 2,25 \cdot 10^{-2} = 2,25 \text{ г.}$$

Відсотковий вміст CaCO_3 в наважці ґрунту масою 10 г складе:

$$W = \frac{2,25 \cdot 100}{10} = 22,5\% .$$

Аналогічно визначається вміст доломіту, при цьому приймаємо, що соляна кислота реагує як з карбонатом кальцію, так і з карбонатом магнію за наступними хімічними реакціями:



Враховуючи, що в доломіті карбонати магнію і кальцію знаходяться в еквімолярному співвідношенні, $n(\text{CaCO}_3) = n(\text{MgCO}_3) = 1,12 \cdot 10^{-2}$ моль.

Маса CaCO_3 і MgCO_3 в пробі ґрунту складе:

$$m_{\text{CaCO}_3} = 100 \cdot 1,12 \cdot 10^{-2} = 1,12 \text{ г,}$$

$$m_{\text{MgCO}_3} = 84 \cdot 1,12 \cdot 10^{-2} = 0,94 \text{ г,}$$

де 84 – молярна маса MgCO_3 .

Маса доломіту буде визначатися сумою його складових – карбонатів магнію і кальцію, і відсотковий вміст доломіту в цьому випадку складе:

$$W = \frac{(1,12 + 0,94) \cdot 100}{10} = 20,6\% .$$

Відповідь: вміст в ґрунті CaCO_3 – 22,5 % і $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ – 20,6 %.

Приклад 8. Калій у ґрунті перебуває у різних формах: водорозчинний, обмінний, фіксований, Калій плазми мікроорганізмів і Калій мінералів. Водорозчинний і безпосередньо обмінний Калій добре засвоюються рослинами і їх вважають рухомими формами Калію. Одним з методів визначення рухомих форм Калію є методи Маслової і Протасова, за якими обмінний Калій вилучається із ґрунту розчинами нейтральних солей. У розчин переходить також і водорозчинний Калій. Після струшування 10 см³ ґрунту з 50 см³ 1 М розчину (NH₄)₂CO₃ протягом 30 хв. суспензію відфільтрували і встановили, що вміст катіонів K⁺ в розчині складає 18 мкг/см³. Визначте вміст рухомого Калію в ґрунті. Скільки калійних добрив потрібно внести для збільшення вмісту K⁺ в цьому ґрунті до 180 мг/дм³ екстракту ґрунту? Прийняти, що густина сухого ґрунту дорівнює 1 г/см³; маса ґрунту складає 2500 т/га; весь внесений K⁺ залишається у формі, що екстрагується.

Розв'язання: Для розв'язання цієї задачі використовуємо закон збереження еквівалентів. Тоді концентрація рухомого Калію в ґрунті (C_{K⁺}) визначається наступним співвідношенням:

$$C_{K^+} = \frac{C_1 \cdot V_1 \cdot V_0}{V_H}$$

де C₁ – концентрація K⁺ в розчині, що аналізується, г/мл;

V_H – об'єм наважки ґрунту, см³;

V₁ – аліквота водного розчину, см³;

V₀ – потрібний об'єм (1000 см³);

$$C_{K^+} = \frac{18 \cdot 10^{-6} \cdot 50 \cdot 1000}{10} = 0,09 \text{ г/дм}^3 \text{ ґрунту.}$$

Визначимо кількість Калію, необхідну для збільшення його вмісту з 0,09 до 0,18 г/дм³ ґрунту:

$$\Delta m = 0,18 - 0,09 = 0,09 \text{ г K}^+/\text{дм}^3 \text{ ґрунту.}$$

Перерахуємо цю величину на кг ґрунту, використовуючи співвідношення:

$$\Delta m_m = \frac{\Delta m}{\rho} = \frac{0,09}{1} = 0,09 \text{ г K}^+/\text{кг ґрунту.}$$

де ρ – густина ґрунту, кг ґрунту/л ґрунту.

Загальну кількість іонів Калію (M_{K⁺}) визначимо із наступного виразу:

$$M_{K^+} = \Delta m_m \cdot W,$$

де W – маса 1 га ґрунту;

$$M_{K^+} = 0,09 \cdot 2500 \cdot 10^3 = 225 \cdot 10^3 \text{ г } K^+/\text{га} = 225 \text{ кг } K^+/\text{га}.$$

Відповідь: вміст рухомого Калію в ґрунті – 0,09 г/дм³ ґрунту; для збільшення вмісту в ґрунті іонів Калію до необхідного рівня треба внести 225 кг K⁺/га.

Приклад 9. Рослини засвоюють Нітроген рухомих мінеральних сполук – солей амонію і азотної кислоти. При вивченні динаміки мінерального Нітрогену у ґрунті під час вегетації рослин визначають вміст амонійного і нітратного Нітрогену. Зразок ґрунту був узятий з верхнього горизонту вологого ґрунту. Із зразка масою 50 г були екстраговані нітрати за допомогою 200 см³ 2М КСІ. Виміряна концентрація іонів NO₃⁻ складала 6 мг/л. Вміст води у вологому ґрунті – 26 г/100 г абсолютно сухого ґрунту. Розрахуйте кількість іонів NO₃⁻ в ґрунті в міліграмах на кілограм абсолютно сухого ґрунту (мг/кг). Яка концентрація нітратів в ґрунтовому розчині? Розрахуйте кількість іонів NO₃⁻ (кг/га) у верхньому шарі ґрунту, маса якого 2500 т/га.

Розв'язання: Визначимо кількість нітратів $m(\text{NO}_3^-)$, яка була екстрагована:

$$m(\text{NO}_3^-) = V_e \cdot C(\text{NO}_3^-),$$

де V_e – об'єм екстрагенту, дм³;

$C(\text{NO}_3^-)$ – виміряна концентрація нітратів, г/дм³.

$$m(\text{NO}_3^-) = 200 \cdot 10^{-3} \cdot 6 \cdot 10^{-3} = 1,2 \cdot 10^{-3} \text{ г}$$

Перерахуємо узятий зразок вологого ґрунту масою 50 г на абсолютно сухий ґрунт:

126 г вологого ґрунту містить 100 г абсолютно сухого ґрунту;

50 г вологого ґрунту містить X г абсолютно сухого ґрунту.

Таким чином, кількість абсолютно сухого ґрунту в 50 г вологого ґрунту складе:

$$X = \frac{50 \cdot 100}{126} = 39,7 \text{ г/}$$

В 1 кг абсолютно сухого ґрунту буде міститися іонів NO₃⁻:

$$m'_{\text{NO}_3^-} = \frac{m_{\text{NO}_3^-}}{X} \cdot 10^3,$$

$$m'_{\text{NO}_3^-} = \frac{1,2 \cdot 10^{-3}}{39,7} \cdot 10^3 = 0,030 \text{ г } \text{NO}_3^-/\text{кг абс.сух.гр.} =$$

$$= 30 \text{ мг } \text{NO}_3^-/\text{кг абс.сух.гр.})$$

Прийемо, що об'єм ґрунтового розчину дорівнює об'єму води, що міститься у вологому ґрунті. Таким чином, концентрація нітратів в ґрунтовому розчині складе:

$$C_{\text{NO}_3^-}^p = \frac{m_{\text{NO}_3^-}}{m_{\text{H}_2\text{O}} / 10^3 \cdot \rho}$$

де ρ – густина ґрунтового розчину (для спрощення в цій задачі прийнята рівною 1 кг/дм^3).

$$C_{\text{NO}_3^-}^p = \frac{1,2 \cdot 10^{-3}}{(50 - 39,7) / 10^3 \cdot 1} = 0,12 \text{ г NO}_3^-/\text{л.}$$

Загальна кількість нітратів $m_{\text{заг}}$ що міститься у 1 га ґрунту, може бути визначена таким чином:

$$m_{\text{заг}} = (m_{\text{NO}_3^-} / m_{\text{нав}}) \cdot m_{\text{гр}},$$

де $m_{\text{гр}}$ – маса ґрунту площею 1 га ;

$m_{\text{нав}}$ – маса наважки ґрунту (50 г);

$m_{\text{NO}_3^-}$ – вміст нітратів в ґрунті.

$$m_{\text{заг}} = (1,2 \cdot 10^{-3} / 50) \cdot 2500 \cdot 10^3 = 60 \text{ кг/га.}$$

Відповідь: в 1 кг абсолютно сухого ґрунту міститься 30 мг NO_3^- ; вміст NO_3^- в ґрунтовому розчині – $0,12 \text{ г/дм}^3$; вміст NO_3^- у верхньому шарі ґрунту – 60 кг/га .

Приклад 10. В 1 м^2 орного шару ґрунту міститься $6,5 \text{ кг}$ органічного Карбону, інтенсивність дихання ґрунту складає $9 \text{ г CO}_2/(\text{м}^2 \cdot \text{добу})$. Яка частина органічного Карбону витрачається за добу на дихання?

Середня швидкість виділення CO_2 протягом року – $2,5 \text{ г CO}_2/(\text{м}^2 \cdot \text{добу})$. Вміст органічного Карбону підтримується за рахунок надходження рослинних решток. Розрахуйте час обертання для Карбону.

Розв'язання: Визначимо кількість Карбону (m_c), який виділяється у вигляді CO_2 при диханні ґрунту. При цьому необхідно врахувати кількість Карбону яка міститься в 1 моль діоксиду карбону:

$$m_c = 9 \cdot \frac{M_c}{M_{\text{CO}_2}} = 9 \cdot \frac{12}{44} = 2,45 \text{ гC}/(\text{м}^2 \cdot \text{добу}),$$

де M_c і M_{CO_2} – молярні маси Карбону і CO_2 .

Визначимо частку Карбону ($w_c, \%$), яка витрачається за добу надихання:

$$w_C = \frac{m_C}{C_{\text{орг}}} \cdot 100 = \frac{2,45}{6,5 \cdot 10^3} \cdot 100 = 0,038 \%$$

Визначимо співвідношення між загальним вмістом Карбону в ґрунті та середньою масою Карбону, що виділяється при диханні ґрунту протягом року (365 днів).

$$t_{\text{оберт}} = \frac{6,5 \cdot 10^3}{2,5 \cdot 365 \cdot 12 / 44} = 26 \text{ років.}$$

Відповідь: на дихання витрачається за добу 0,038 % Карбону; час обертання Карбону складає 26 років.

Приклад 11. Потреба у вапні ґрунту з рН = 5,2, призначеного для виробництва сільськогосподарських культур, дорівнює 8 т CaCO₃/га. Розрахуйте скільки часу повинно було б пройти після внесення цієї кількості вапна до його наступного внесення, якщо прийняти, що фермер дозволив рН знизитися до 6,0. Прийміть, що після внесення в ґрунт карбонату кальцію значення рН повинне досягти оптимального значення. Відомо, що щорічне надходження іонів Гідрогену в ґрунт складає: в результаті дихання – 4,4, нітрифікації – 2,0, поглинання поживних речовин – 0,7 і атмосферних надходжень – 1,3 кг Н⁺/(га·рік).

Розв'язання: В основі рішення задачі лежить уявлення про існування діапазону концентрацій іонів Гідрогену (рН), оптимальних для розвитку сільськогосподарських рослин. Прийmemo оптимальну величину рН рівною 6,7. Тоді буферна ємність ґрунту становитиме:

$$БЄ = \frac{m_{\text{CaCO}_3}}{\Delta \text{pH}}.$$

де m_{CaCO_3} – маса вапна, яка необхідна для підвищення рН з 5,2 до 6,7;

ΔpH – зміна рН.

$$БЄ = \frac{8}{6,7 - 5,2} = 5,3 \text{ т CaCO}_3 / \text{pH} \cdot \text{га.}$$

Відповідно до умови задачі визначимо необхідну кількість CaCO₃ для доведення рН ґрунту з 5,2 до 6:

$$m_{\text{CaCO}_3} = 5,3 \cdot (6 - 5,2) = 4,2 \text{ т CaCO}_3 / \text{га.}$$

Таким чином, частина CaCO₃, що залишилася, [$m_{\text{зал}} = 8 - 4,2 = 3,8$ (т)] йде на взаємодію з іонами Гідрогену, що надходять з різних джерел, за рівнянням:



Кількість моль CaCO_3 складе:

$$n_{\text{CaCO}_3} = m_{\text{зал}} / M(\text{CaCO}_3)$$

$$n_{\text{CaCO}_3} = 3800/100 = 38 \text{ кмоль/}$$

Сума всіх надходжень іонів Гідрогену в ґрунт n_{H^+} :

$$n_{\text{H}^+} = (4,4 + 2,0 + 0,7 + 1,3)/1 = 8,4 \text{ кмоль H}^+/\text{(га}\cdot\text{рік)}.$$

Оскільки реагенти вступають в реакцію в стехіометричному співвідношенні $n_{\text{CaCO}_3} : n_{\text{H}^+} = 1:2$, з урахуванням матеріального балансу шуканий вираз для визначення часу можна записати таким чином:

$$n_{\text{CaCO}_3} = 1/2 n_{\text{H}^+} \cdot t,$$

де t – час до наступного внесення в ґрунт CaCO_3 ;

$$t = 2 n_{\text{CaCO}_3} / n_{\text{H}^+} = 2 \cdot 38/8,4 = 9 \text{ років}.$$

Відповідь: до наступного внесення вапна в ґрунт повинні пройти 9 років.

Приклад 12. Розрахуйте прогнозний рівень забруднення цезієм-137 врожаю гречки, якщо щільність забруднення ґрунту складає $12,3 \text{ Кі/км}^2$, а коефіцієнт переходу радіонуклідів з ґрунту в рослину

$$K_{\text{л}} = 0,76 \frac{\text{Бк/кг}}{\text{кБк/м}^2}$$

Таблиця 20 – Тимчасові допустимі рівні вмісту Cs^{137} в с/г продукції

<i>Продукція</i>	<i>Вміст цезію-137, Бк/кг</i>
Вода	18.5
Сіно та солома	1850
Зерно фуражне	1850
Буряк кормовий	370
Картопля	592
Зерно харчове	592
Зерно зернобобових	370
Круп'яні	370
Овочі та фрукти	592

Одержані прогнозні рівні порівняйте з тимчасовими допустимими рівнями (ТДР) вмісту радіонуклідів у сільськогосподарській продукції (табл. 20) та визначте відсоток перевищення, коли такий існує. Охарактеризуйте фактори, що впливають на накопичення радіонуклідів у сільськогосподарській продукції.

Розв'язання. Розглянемо розрахунок прогнозного вмісту радіонуклідів у сільськогосподарській продукції з використанням коефіцієнта переходу (K_p). Вміст радіонуклідів в урожаї (C) можна розрахувати за формулою:

$$C = K_p \cdot D, \quad \text{Бк/кг}$$

де K_p – коефіцієнт переходу радіонуклідів з ґрунту в рослину, Бк/м;

D – щільність забруднення ґрунту, Бк/м².

Для розрахунку рівня забруднення радіонуклідами врожаю гречки необхідно перевести щільність забруднення ґрунту і коефіцієнт переходу в відповідні одиниці виміру. Виразимо щільність забруднення ґрунту в Бк/м²:

$$D^1 = 3,7 \cdot 10^4 \cdot D$$

де $3,7 \cdot 10^4$ - коефіцієнт переведення Кі/км² в Бк/м².

$$D^1 = 3,7 \cdot 10^4 \cdot 12,3 = 45,51 \cdot 10^4 \text{ Бк/м}^2.$$

Вміст радіонуклідів в урожаї (C):

$$C = 0,76 \cdot 10^3 \cdot 45,51 \cdot 10^4 = 345,9 \text{ Бк/кг.}$$

Одержаний прогнозний рівень радіонуклідів у врожаї порівнюємо з тимчасовими допустимими рівнями вмісту радіонуклідів у сільськогосподарській продукції (табл. 20). Гречка відноситься до зерна харчового і згідно табл. 20 тимчасово допустимий рівень вмісту цезію-137 не повинен перевищувати 592 Бк/кг. Вміст радіонуклідів в урожаї гречки прогнозується на рівні 345,9 Бк/кг, тобто перевищення не очікуємо.

Рівні забруднення врожаю сільськогосподарської культури залежить від щільності забруднення ґрунту, агрохімічних властивостей ґрунту, біологічних особливостей рослин. Чим вища окультуреність ґрунту, тим менше накопичення радіонуклідів у врожаї. Коефіцієнт переходу радіонуклідів у рослини залежить від типу та кислотності ґрунтів, вмісту в них гумусу, обмінного Кальцію та Калію, видових та сортових особливостей рослин. У зв'язку з цим розміщення культур із врахуванням щільності забруднення ґрунту, а також біологічних особливостей рослин різних культур дозволяє регулювати рівні забруднення врожаю та вирощувати продукцію з вмістом радіонуклідів значно нижче тимчасово допустимих рівнів.

Відповідь: Вміст радіонуклідів в урожаї гречки прогнозується на рівні 345,9 Бк/кг, тобто перевищення тимчасово допустимих рівнів не очікується.

Приклад 13. У місті N вміст хімічних елементів в ґрунті паркової зони складає (мг/кг ґрунту): As – 10; Cd – 0,5; Hg – 0,08; Pb – 40; Cu – 90; Zn – 180; Cr – 500; V – 400. Фоновий вміст елементів наступний (мг/кг ґрунту): As – 5; Cd – 0,1; Hg – 0,02; Pb – 20; Cu – 30; Zn – 60; Cr – 100; V – 100. Скласти формулу геохімічної асоціації досліджуваного об'єкту. Використовуючи сумарний показник забруднення ґрунтів, визначте, до якої зони слід віднести паркову ділянку.

Розв'язання. Розрахуємо коефіцієнт концентрації по кожному елементу, використовуючи формулу:

$$K_{C_i} = \frac{C_i}{C_{\phi}}$$

де C_i - концентрація i -того елементу в досліджуваному ландшафтному компоненті; C_{ϕ} - його природний фон (концентрація).

Результати розрахунків представлені в табл. 21. Паркова асоціація може бути представлена наступною формулою елементів, що накопичуються: $Cd_5-Cr_5-V_4-Cu_3-Zn_3-As_2-Pb_2$.

Сумарний показник забруднення ґрунту Z_c визначимо за формулою:

$$Z_c = \sum K_c - (n-1),$$

де n – загальна кількість врахованих хімічних елементів (підсумовуються значення $K_c \geq 1$).

$$Z_c = 10/5 + 0,5/0,1 + 40/20 + 90/30 + 180/60 + 500/100 + 400/100 - (7-1) = 18$$

Таблиця 21 – Результати розрахунків коефіцієнта концентрації K_c

Показник	As	Cd	Hg	Pb	Cu	Zn	Cr	V
C_i , мг/кг ґрунту	10	0,5	0,06	40	90	180	500	400
C_{ϕ} , мг/кг ґрунту	5	0,1	0,08	20	30	60	100	100
K_c	2	5	0,75	2	3	3	5	4

При розрахунку Z_c не було враховано коефіцієнт концентрації по Hg, так як при визначенні сумарного показника забруднення ґрунту підсумовуються тільки значення $K_c > 1$.

Зіставивши значення Z_c зі шкалою забруднення ґрунтів (табл. 22), приходимо до висновку, що паркову ділянку слід віднести до зони помірно-небезпечного забруднення.

Таблиця 22 – Шкала балів оцінки рівнів забруднення ґрунтів

<i>Бали</i>	<i>Забруднення</i>	<i>Кратність перевищення фонового показника (рази)</i>	<i>Значення сумарного показника забруднення Z_c</i>
1	Мінімальне	< 1-1,5	> 1-8,0
2	Низьке	< 1,5-2	> 8,1-16,0
3	Помірне	>2-4	> 16,1-32,0
4	Високе	>4-10	> 32,1-128,0
5	Надзвичайно високе	>10	>128

Відповідь: Формула геохімічної асоціації досліджуваного об'єкту $Cd_5-Cr_5-V_4-Cu_3-Zn_3-As_2-Pb_2$. Паркову ділянку слід віднести до зони помірно-небезпечного забруднення.

2.3.3 Задачі для самостійного розв'язування до розділу II

Задача 1. Ґрунт містить 2,5 г органічної речовини на 100 г абсолютно сухого ґрунту. Розрахуйте вміст органічної речовини в грамах на 100 г повітряно-сухого ґрунту, якщо в повітряно-сухому стані він містить 3,2 г H_2O на 100 г абсолютно сухого ґрунту.

Задача 2. Карбон і Нітроген майже цілком зв'язані у ґрунті з його органічною частиною – гумусом. Розрахуйте відсотковий вміст С і N у ґрунті, якщо він містить 3,1% органічних речовин, в яких на долю Карбону припадає 60%. Масове співвідношення С:N прийняти рівним 10:1.

Задача 3. При тривалому обробітку сільськогосподарських культур без внесення добрив може відбуватися значне зменшення загальної кількості гумусу і Нітрогену в ґрунті. Нітроген відіграє надзвичайно важливу роль у родючості ґрунтів, тому що є життєво необхідним для рослин, для яких він доступний тільки у формі нітратного й амонійного іонів. Більшість культурних ґрунтів потребує систематичного внесення цього елемента. Яку масу аміачної селітри треба внести на гектар ґрунту, щоб компенсувати винос Нітрогену з врожаєм сільськогосподарської культури (12 т сухої речовини на 1 га). Прийняти, що культура містить 16 г N/кг сухої речовини.

Задача 4. Землі використовували протягом 30 років для вирощування сільськогосподарських культур. За цей час вміст органічного Карбону зменшився з 3,0 до 2,1 %. Якщо співвідношення С:N залишається рівним 10:1, знайдіть, скільки мінерального Нітрогену виносилось з врожаєм в середньому за рік. Прийміть, що маса ґрунту дорівнює 2600 т/га.

Задача 5. Поле засіяли травою і не орали протягом 30 років. За цей час вміст органічного Карбону в ґрунті збільшився з 1,6 до 2,3 %. Якщо

співвідношення C:N залишається рівним 10:1, знайдіть, скільки Нітрогену повинно було надходити у ґрунт в середньому за рік, щоби забезпечити його накопичення. Прийміть, що маса ґрунту дорівнює 2600 т/га.

Задача 6. Важливою характеристикою ґрунтів є вміст у них доступних для рослин біогенних елементів, зокрема Калію. Калій відноситься до числа органогенів, необхідних для розвитку рослин. У ряді випадків Калій може бути в дефіциті, у зв'язку з чим його внесення в ґрунт позитивно позначається на родючості. При визначенні в ґрунті рухомого Калію були використані наступні дані: маса наважки повітряно-сухого ґрунту – 10 г, об'єм водної витяжки – 50 см³, концентрація іонів Калію у витяжці – 14,3 мкг/дм³. Визначити вміст рухомого Калію в 1 кг ґрунту.

Задача 7. У ґрунтах запаси Калію поповнюються шляхом внесення калійних добрив – хлоридів або сульфатів Калію. Ці солі, добре розчиняючись у воді, сприяють швидкому накопиченню Калію в ґрунтово-вбирному комплексі. Завдяки цьому процесу добрива, внесені в ґрунт, не вимиваються опадами й на 60-70% використаються рослинами. Розрахуйте кількість K₂SO₄, яку необхідно внести в ґрунт, щоби забезпечити в ньому вміст рухомого Калію рівним 36 кг/га.

Задача 8. При випалюванні ділянки лісу утворилося 8 т золи/га. Вона містила: 5,9 % Ca²⁺; 2,6% Mg²⁺ і 3,2 % K⁺. Розрахуйте надходження цих поживних речовин в кг/га. Масу ґрунту прийняти 2500 т/га.

Задача 9. Сполуки Сульфуру беруть участь в формуванні хімічного складу ґрунтів, з яких рослини беруть його для свого живлення. Потреба рослин у Сульфурі значно нижча, ніж у Нітрогені і Фосфорі. Накопичується і засвоюється він рослинами у вигляді сульфатних іонів, які надходять у ґрунтовий розчин за рахунок атмосферних опадів, вилуговування твердої фази, розчинення гіпсу, ангідритів і розкладання органічних речовин у присутності кисню і за допомогою мікроорганізмів. Розрахуйте надходження у ґрунт Сульфуру (в кг S/га·рік) за рахунок атмосферних опадів, якщо річна кількість опадів складає 980 мм, загальна концентрація в них Сульфуру дорівнює 1,5 мг/дм³.

Задача 10. За даними табл. 23 і 24 дайте оцінку засоленості ґрунтів. Проаналізуйте динаміку зміни засоленості ґрунтів. Чим небезпечне засолення? Які заходи Ви можете запропонувати для покращення ситуації? Для яких регіонів України характерне засолення ґрунтів? Що є джерелом засолення урболандшафтів?

Задача 11. Для зниження кислотності ґрунт вапнують. В результаті вапнування в ґрунті протікають хімічні реакції. Приймавши, що іони Гідрогену вступають в реакцію з CaCO₃ тільки в стехіометричному співвідношенні 2:1, розрахуйте об'єм газу (за нормальних умов), що виділяється при обробці 250 л води з рН = 3,3 надлишком CaCO₃.

Таблиця 23 – Характеристика засоленості ґрунтів

Ступінь засоленості ґрунтів	Типи засоленості залежно від типу і масової частки солей в сухому ґрунті, %		
	Хлориди	Сульфати	Гідрогенкарбонати
Для хлоридно-сульфатного засолення			
Незасолені	<0,01	-	-
Слабозасолені	0,01-0,05	-	-
Середньозасолені	0,05-0,10	-	-
Сильнозасолені	0,1-0,2	-	-
Солончаки	>0,2	-	-
Для сульфатного і хлоридно-сульфатного засолення			
Незасолені	0-0,1	<0,10	-
Слабозасолені	0-0,1	0,1-0,4	-
Середньозасолені	0-0,5	0,4-0,6	-
Сильнозасолені	0-1,0	0,6-0,8	-
Солончаки	-	>0,8	-
Для содового і змішаного засолення			
Незасолені	0,001	0,02	<0,1
Слабозасолені	0,001	0,05-0,1	0,1-0,2
Середньозасолені	0,1	0,2	0,2-0,3
Сильнозасолені	0,2	0,2	0,3-0,4
Солончаки	0,2	0,2	>0,4

Задача 12. Після внесення вапна в кількості 6,8т CaCO₃/га рН ґрунту підвищилося з 5,5 до оптимального значення 7,0. Розрахуйте через який час потрібно буде провести повторне вапнування, якщо рН знизилося до 5,7. Прийміть, що надходження іонів Гідрогену в ґрунт складає: в результаті дихання – 3,4; нітрифікації – 2,5; поглинання поживних речовин – 0,9 і атмосферних надходжень – 1,5 кг Н⁺/(га· рік).

Задача 13. Для ґрунту з буферною ємністю БЄ = 28ммоль Н⁺/(кг· рН) розрахуйте буферну ємність в кг Н⁺/(га· рН), вважаючи, що маса 1 га ґрунту дорівнює 2000 т. Якщо початковий ґрунт мав рН₁ = 4,0, визначте рН ґрунту після надходження іонів Н⁺ з атмосфери і продукування їх в ґрунті в кількості до 3,0 кг Н⁺/(га·рік) протягом 5 років (рН₂) і рН₃ після наступного внесення 3 т/га вапняку.

Задача 14. Приймавши, що чистий гумус має 55·10⁻² моль карбоксильних груп на 1кг, при чому усі вони мають рК_д = 4,5. Розрахуйте долю груп, які продисоціювали при рН = 4:5:6. Для фракцій, що продисоціювали, розрахуйте заряд, зв'язаний з гумусом, при кожному значенню рН. Проаналізуйте вплив рН на ступінь дисоціації карбоксильних груп і на заряд зв'язаний з гумусом.

Задача 15. Використовуючи дані попередньої задачі, а також знаючи, що одна чверть карбоксильних груп має $pK_d = 3,0$ і три чверті $-pK_d = 5,5$, перерахуйте заряд, зв'язаний з гумусом, в залежності від рН.

Задача 16. За даними табл. 25 порівняйте буферні властивості ґрунтів на різних модельних ділянках щодо накопичення рухомих форм важких металів. Проаналізуйте вплив фізичних і геохімічних показників ґрунтів модельних ділянок на міграційні властивості важких металів.

Таблиця 24 – Концентрація водорозчинних солей в ґрунті,
мг/ 100г ґрунту

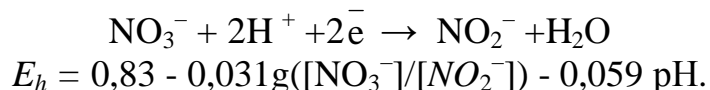
Варіант	Рік відбору проб	Концентрація солей			Варіант	Рік відбору проб	Концентрація солей		
		Cl	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻			Cl	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻
1	2004	38	520	-	6	2004	110	100	20
	2005	43	598	-		2005	70	200	41
	2006	47	690	-		2006	78	158	43
	2007	51	510	-		2007	130	91	43
	2008	57	410	-		2008	90	140	51
2	2004	20	100	140	7	2004	120	100	140
	2005	17	150	148		2005	117	150	148
	2006	15	210	156		2006	115	210	156
	2007	15	170	161		2007	115	170	161
	2008	13	130	179		2008	123	130	179
3	2004	179	100	167	8	2004	119	104	167
	2005	165	82	170		2005	125	77	130
	2006	156	69	168		2006	136	96	186
	2007	140	61	170		2007	140	71	170
	2008	131	58	175		2008	146	85	157
4	2004	143	198	20	9	2004	134	174	41
	2005	149	190	41		2005	126	175	29
	2006	151	150	43		2006	115	150	33
	2007	157	180	33		2007	137	160	33
	2008	173	198	37		2008	135	168	27
5	2004	149	35	76	10	2004	199	135	67
	2005	298	24	45		2005	208	124	33
	2006	240	60	44		2006	200	130	54
	2007	163	49	51		2007	163	149	51
	2008	290	60	92		2008	150	120	102

Таблиця 25 – Фізичні і фізико-хімічні властивості ґрунту

Модельна ділянка	Тип ґрунту, механічний склад	Гумус, %	pH _{вод}	Рухомий Фосфор, мгP ₂ O ₅ /100г	ЄКО, мг-екв//100 г
А	чорнозем легкосуглинковий	3,2	7,7	10,2	25
В	супіщано-ґрунтова суміш	2,0	7,6	4,3	10
С	чорнозем важкосуглинковий	2,4	5,8	8,3	38

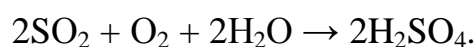
Задача 17. При випалюванні ділянки лісу утворилося 18 т золи/га. Вона містила: 7,9% Ca²⁺; 1,6% Mg²⁺ і 2,6% K⁺. Розрахуйте надходження цих поживних речовин в кг/га. Масу ґрунту прийняти 2000 т/га. За умови, що поживні речовини розчинилися і стали обмінними, розрахуйте їх надходження в ммоль зар./кг. Якщо прийняти, що буферна ємність ґрунту 6 ммоль ОН⁻/(кг·рН), розрахуйте зміну рН в цьому шарі, що зумовлено внесенням золи. Приймавши, що катіони в золі знаходяться у формі оксидів, гідроксидів і карбонатів і що їх вапняковий ефект (ммоль ОН⁻) дорівнює їх кількості, яка виражена ммоль заряду катіону.

Задача 18. Першою стадією денітрифікації є відновлення нітратів до нітритів. Нітроти характеризуються малим часом життя, відновлюючись далі до N₂ і N₂O. Перша стадія денітрифікації і її окисно-відновний потенціал описуються наступними рівняннями:



Розрахуйте співвідношення між E_h і рН для випадку, коли половина NO₂ буде відновлена і [NO₃⁻] = [NO₂⁻]. Чи прискориться процес відновлення нітратів при закисненні ґрунту? Розрахуйте як зменшиться окисно-відновний потенціал ґрунту E_h при зміні рН з 5 до 8 для випадку, коли чверть NO₃⁻ в процесі денітрифікації буде відновлена до NO₂⁻. Охарактеризуйте дану окисно-відновну систему за ступенем зворотності.

Задача 19. Розрахуйте надходження Н⁺ в кгН⁺/(га·рік), що пов'язане з SO₂, за умови, що надходження діоксиду сульфуру у вигляді сухих випадінь і опадів складає 12кг/(га·рік), а його окиснення в ґрунті відбувається за рівнянням:



Задача 20. В ґрунт була внесена аміачна селітра в кількості 110 кг N/га. Розрахуйте масу добрива, якщо воно містить 96% діючої

речовини. За умови, що весь NH_4^+ нітрифікується, розрахуйте збільшення концентрації нітратного Нітроген, якщо добриво рівномірно змішується з 2600 т ґрунту при вмісті в ньому води 20 г $\text{H}_2\text{O}/100$ г сухого ґрунту. За умови, що в процесі нітрифікації виділяється 2 моль H^+ на кожен моль мінералізованого NH_4^+ , розрахуйте зміну рН ґрунту. Прийняти буферну ємність ґрунту рівною 60 ммоль H^+ / (кг·рН).

Задача 21*. В ґрунтовому розчині при температурі 25 °С вміст іонів Ca^{2+} складає 0,07 моль/дм³, іонів H_2PO_4^- – 0,15 моль/дм³. Іонна сила розчину $\mu = 8 \cdot 10^{-3}$. Присутність яких сполук Фосфору слід очікувати в твердій фазі ґрунту?

Задача 22. Визначте вміст Оксигену та Силіцію в % (мас.) в нефеліні – $\text{K}_2\text{Na}_2\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8$. Порівняйте одержані результати з даними, приведеними в таблиці 1, і поясніть відмінності.

Задача 23. Вміст Фосфору в ґрунті складає $8 \cdot 10^{-2}$ %, Калію – 1,4 %, Феруму – 3,5 %. Порівняти вміст цих елементів в ґрунті з їх кларком.

Задача 24. Фосфор життєво важливий елемент для рослин. Так, якщо в ґрунті не вистачає Фосфору, то листя яблунь стають дрібними, темно-зеленими, з блакитним, а іноді з бронзовим чи пурпуровим відтінком. Цвітіння яблунь затримується, а плоди є кислими. В більшості ґрунтів, особливо в піщаних, цей елемент знаходиться в дефіциті, у зв'язку з чим необхідно систематично вносити Фосфор в ґрунт, особливо при інтенсивному використанні земель в сільськогосподарському виробництві. Норма внесення в ґрунт подвійного суперфосфату $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ складає 32 г/м². Який об'єм води необхідний для приготування 4 %-го розчину $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$, якщо площа фруктових садів дорівнює 700 м².

Задача 25. Квіткар під кожний кущ троянд повинен внести фосфорне добриво масою 5 г в перерахунку на фосфор (V) оксид. Яку масу безводного подвійного суперфосфату йому треба взяти, якщо в нього 250 кущів троянд ?

Задача 26. Нітроген відіграє надзвичайно важливу роль у родючості ґрунтів, є життєво необхідний рослинам, для яких він доступний тільки у формі нітратного й амонійного іонів. Більшість культурних ґрунтів потребує систематичного внесення цього елемента. Так, при нестачі Нітрогену в ґрунті, листя яблунь стає блідо-зеленим, рано жовтіє і опадає. Який об'єм 2 % розчину нітрату амонію (густина якого 1006 г/л) необхідно приготувати для підкормки яблуневого саду площею 200 м² при нормі внесення цього добрива на суглинистих ґрунтах 50 г/м².

Задача 27. Для покращення росту кормових культур вносять Нітроген масою 80 кг/га. Яку масу аміачної селітри необхідно взяти для удобрення 3 га земель?

Задача 28. Розрахуйте масу кожної із речовин, яка може забезпечити надходження 40 мг N/кг сухого ґрунту: NH_4NO_3 , $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, сечовина, сухий перегній (вміст N – 1,6 %)

Задача 29. Якщо в ґрунті є надлишок азотних добрив, то в плодах, ягодах і коренеплодах можуть накопичуватись нітрати. Овочі, які в більшій мірі здатні накопичувати нітрати – кріп, салат, петрушка, а в меншій мірі – буряк, капуста і морква. Картопля, помідори і яблука майже не накопичують нітратів: їх вміст в цих продуктах не перевищує 100 мг/кг (в розрахунку на KNO_3) при допустимій нормі 200 мг/кг. Чи можна вживати в їжу капусту, яка містить $2,2 \cdot 10^{-8}$ моль $\text{KNO}_3/\text{кг}$?

Задача 30. Розрахуйте втрати P, S, N на 1 га з 250 мм дренажної води, якщо концентрація цих елементів складала відповідно 0,02; 2,5 і 12 мг/дм³.

Задача 31. На нафтопереробному заводі потужністю 12 млн т викиди SO_2 складають 219 т за рік. Розрахуйте, скільки тонн SO_2 викидається в атмосферу при переробці 1 т сирої нафти.

Задача 32. Тривалість перебування сполук Сульфуру в атмосфері коливається від декількох годин до 20 діб. Час перебування SO_2 в атмосфері в середньому складає 2 тижні. Цей проміжок часу занадто малий, для того щоб газ міг розповсюдитися в глобальному (земному) масштабі. Тому дія сірчистого ангідриду на екосистеми проявляється в першу чергу на локальному і регіональному рівні. Високий вміст SO_2 в повітрі безпосередньо впливає і на збільшення захворюваності людей, і на зростання смертності. Чи спостерігалось перевищення середньодобової гранично допустимої концентрації сірчистого ангідриду і у скільки разів: а) біля мідноплавильного заводу з концентрацією SO_2 в атмосфері 0,05 мг/м³; б) в районі теплової електростанції ($C_{\text{SO}_2} = 0,20 \text{ мг/м}^3$); в) біля автостради ($C_{\text{SO}_2} = 0,05 \text{ мг/м}^3$)?

Задача 33. Діоксид Сульфуру становить небезпеку для людей, що страждають захворюваннями дихальних шляхів. У дорослих здорових людей подразнення слизової оболонки і сильний кашель проявляються при концентрації 13 мг/м³. Протягом нетривалого часу людина може витримати й десятикратну концентрацію. У людей, що мають підвищену чутливість до SO_2 , а це приблизно 10 % населення, навіть короточасний вплив сірчистого газу при концентрації 1,3 мг/м³ викликає спазми дихальних шляхів. Так само реагують і хворі на астму. Встановлена пряма залежність між концентрацією SO_2 і частотою захворювання населення на хронічний бронхіт:

$$y = 14,5x \cdot 1,3$$

де y - число людей, що захворіли на бронхіт, %; x - концентрація SO_2 в повітрі, мг/м³. Розрахуйте, скільки людей може захворіти на бронхіт, використовуючи наведене кореляційне рівняння і концентрації SO_2 , що надані в попередній задачі. У скільки разів зросте число людей, що захворіють на бронхіт, якщо концентрація SO_2 в повітрі зросте до 1,3 мг/м³?

Задача 34. Сірчистий ангідрид токсичний не тільки для людини, але і для рослин, причому їх чутливість до шкідливої дії SO_2 проявляється при менших його концентраціях, ніж у тварин. Поглинання SO_2 рослинами супроводжується порушенням їх життєдіяльності, зокрема процесу фотосинтезу та деяких інших енергетичних процесів. Високі концентрації і тривалий вплив SO_2 викликають серйозні пошкодження рослин - зміни метаболізму, зменшення інтенсивності фотосинтезу, некроз листків, передчасний листопад і пригнічення росту.

Таблиця 26 – Залежність ступеня пошкодження насаджень ялини від концентрації SO_2 в повітрі (за Р.Гудеріаном)

<i>Ступінь пошкодження</i>	<i>Середня концентрація SO_2, мг/м³</i>			<i>Середній вміст Сульфуру в хвої, %</i>
	<i>протягом року</i>	<i>в період росту</i>	<i>взимку</i>	
Без видимих пошкоджень	0,015	0,005	0,030	0,1
Слабке пошкодження, деяке зниження асиміляції	0,025-0,035	0,01-0,02	0,05-0,06	0,135
Середнє пошкодження, значне зниження асиміляції, окремі випадки загибелі дерев	0,03-0,04	0,02-0,03	0,06-0,07	0,165
Сильне пошкодження, значне зниження асиміляції, і зрідженість деревостою внаслідок загибелі дерев	0,05-0,07	0,03-0,05	0,07-0,09	0,240
Загибель дерев усіх вікових груп	0,07-0,09	0,05-0,07	0,1-0,2	0,320

Пошкодження рослин в більший мірі залежить від концентрації, ніж від тривалості дії. Визначте, чи будуть відмічатися пошкодження сосни і ялини, якщо середня концентрація SO_2 в атмосферному повітрі протягом року буде складати значення, що вказані в задачі 4? Для відповіді користуйтеся табл. 27. Відомо, що соснові насадження більш стійкі до дії SO_2 (сильні пошкодження спостерігаються при концентрації SO_2 біля $0,18 \text{ мг/м}^3$).

Задача 35. Електростанція спалює за добу 1200 т вугілля, що містить 3 % Сульфуру. Припустимо, що 10% сірчистого ангідриду, що утворюється при спалюванні вугілля, окислюється в атмосфері до сірчаного ангідриду, який перетворюється в сульфатну кислоту. Розташований поруч завод з випалювання вапняку викидає в атмосферу до 50 кг оксиду кальцію, який реагує з атмосферою вологою. Напишіть рівняння всіх реакцій, що відбуваються в атмосфері і після розрахунків дайте відповідь на питання: чи вистачить гідроксиду кальцію, що

утворюється в атмосфері на нейтралізацію сульфатної кислоти, яка утворюється при роботі ТЕС.

Задача 36. Скільки тонн діоксид сульфуру та монооксиду нітрогену, які є одними з основних забруднювачів атмосфери, утворюється при згоранні на ТЕС 1 млн т вугілля, що містить 2,5 % (мас.) Сульфуру? Концентрація монооксиду нітрогену в вихідних газах становить $1,25 \cdot 10^{-2}$ % (об.). Для спалення вугілля використовується стехіометрично необхідна кількість повітря.

Задача 37. Середній вміст Гідраргіуму в різних сортах вугілля складає $1,0 \cdot 10^4$ %. При спалюванні вугілля на теплових електростанціях в золі залишається 10 % цього токсичного металу, інша кількість викидається в атмосферу. Розрахуйте, скільки кілограмів Гідраргіуму щорічно викидає ТЕС через димові труби при спалюванні 2500 т вугілля.

Задача 38. В повітрі міст концентрація найбільш токсичних металів Гідраргіуму і Кадмію складає відповідно 0,016 і 0,025 мкг/м³. Протягом доби через легені людини проходить 11,5 м³ повітря. Розрахуйте, скільки грамів Hg і Cd надходить за добу в організм людини з повітрям, що вдихається? Які відхилення у здоров'ї можуть спостерігатися у людей?

Задача 39. В результаті функціонування автотранспорту в атмосферу з викидними газами, разом з іншими шкідливими речовинами, надходить Плюмбум - кумулятивна отрута. Він поступово накопичується в організмі людини, оскільки швидкість його природного виведення дуже низька. Через легені сполуки Плюмбум надходять у кров людини. В 100 см³ крові зазвичай міститься 15-35 мкг Pb. Під впливом забрудненого повітря вміст цього металу в крові зростає до 80 мкг і вище цієї верхньої порогової концентрації. При цьому проявляються ознаки свинцевого отруєння - анемія, постійний головний біль, біль у м'язах. Розрахуйте масу Pb в 5 л крові людини при досягненні порогової концентрації цього металу.

Задача 40. Яка кількість Плюмбуму надходить в навколишнє середовище при згоранні 1 л бензину, що містить 0,6 г тетраетилсвинцю. Якщо прийняти, що 75 % Pb виділяється в повітря з викидними газами автомобілю.

Задача 41. Автомобіль, що стоїть у гаражі з працюючим двигуном, витрачає за годину 1кг бензину. В газах, які виділяються в атмосферу, міститься шкідлива речовина - бенз(а)пірен, масова частка якого становить 0,001 %. Яка концентрація бенз(а)пірену буде досягнута в гаражі об'ємом 40 м³ за цей час роботи двигуна?

Задача 42. З викидними газами автомобілів в атмосферу надходить токсична речовина - монооксид Карбону, який небезпечний навіть при низьких концентраціях. Працюючий автомобільний двигун за годину витрачає 4 кг бензину. Який об'єм карбон (II) оксиду буде викинутий в атмосферу, якщо вважати, що бензин складається з октану, а об'ємна частка CO дорівнює 0,01 % від загального об'єму утворених газів?

Задача 43. Б промислових районах і містах іноді спостерігається концентрація NO_2 0,4-0,8 мг/м^3 , при утворенні фотохімічного смогу - 1 мг/м^3 . У скільки разів ці значення перевищують поріг виявлення NO_2 , ГДК_{мр} і ГДК_{сд}. Які сенсорні і функціональні ефекти спостерігається при впливі таких концентрацій на людину?

Задача 44. На автостраді великого міста в полудень концентрація O_3 складала 0,3 мг/м^3 . У скільки разів це значення перевищило ГДК озону для людини і критичний поріг для рослин? Які порушення здоров'я може викликати забруднення повітря озоном в такій концентрації?

Задача 45. Розрахуйте прогнозний рівень забруднення цезієм-137 врожаю сільськогосподарської продукції, використовуючи дані табл. 27, якщо щільність забруднення ґрунту складає 14,8 Кі/км^2 (для торфо-глеєвих 4,8 Кі/км^2).

Таблиця 27 – Коефіцієнт переходу цезію-137 в культури, K_n , Бк/кг кБк/м²

Варіант	Номер культури	Група ґрунтів					
		Дерново-підзолисті супіщані	Дерново-підзолисті піщані	Осушені торфяно-глеєві	Важко суглинисті чорноземи	Чорноземи	Сірі лісові
1	Люцерна	0,9	-	-	-	0,1	0,2
	Морква	0,3	-	-	-	0,05	0,12
2	Конюшина	0,8-2,9	0,9	8,0	0,2	0,1	0,3
	Огірки	0,1	-	-	-	0,03	0,06
3	Віка	1,1-4,5	-	-	-	0,2	0,4
	Помідори	0,2	-	-	-	0,03	0,09
4	Люпин	0,9-2,7	-	-	-	0,1	0,3
	Бобові	-	0,8	8,0	0,2	-	-
5	Горох	0,5	-	-	-	0,2	0,3
	Овес	-	0,2	4,0	0,05	-	1
6	Озима пшениця	0,5	-	-	-	0,05	0,2
	Буряк	0,6	0,4	2,7	0,08	0,06	0,3
7	Озиме жито	0,4	-	-	-	0,07	0,1
	Ячмінь	-	0,2	0,8	0,05	-	-
8	Картопля	0,3	0,2	0,8	0,05	0,04	0,1
	Капуста	0,3	1,3	20,0	0,2	0,04	0,1
9	Кукурудза (силос)	0,6	0,2	1,6	0,05	од	0,3
	Озимий ячмінь	0,3	-	-	-	0,01	0,1
10	Цибуля	0,6	-	-	-	0,11	0,2
	Злакові	-	0,4	4,0	0,05	-	-

Одержані прогнознi рівні порівняйте з тимчасовими допустимими рівнями вмісту радіонуклідів у сільськогосподарській продукції (табл. 27) та визначте відсоток перевищення, коли такий існує. На основі розрахунків оцініть радіоактивну ситуацію на території. Запропонуйте заходи, щодо покращення екологічної ситуації. Дайте характеристику факторів, що впливають на накопичення радіонуклідів сільськогосподарськими рослинами. Оцініть біологічні особливості кожної культури щодо накопичення радіонуклідів. Розмістіть в ряд зернові та зернобобові культури в міру збільшення рівнів накопичення радіо-цезію у врожаї зерна на одному і тому ж ґрунті. Як можна регулювати рівні забруднення врожаю та вирощувати продукцію з вмістом радіонуклідів значно нижче ТДР? Обґрунтуйте необхідність вилучення деяких культур з вирощування на даній ділянці. Підберіть культури, які можна вирощувати при даному рівні забруднення ґрунту.

Задача 46. Хлорорганічні пестициди (ХОП) відносять до політвантiв політропної дії: враження центральної нервової системи, паренхіматозних органів, зокрема печінки, порушення функцій ендокринної та серцево-судинної системи, крові, нирок. Характерною властивістю ХОП є виражена кумулятивна дія (накопичуються в тканинах та жирі тварин при надходженні в малих кількостях та виводяться з молоком), наслідки якої проявляються в зміні імунологічного статусу живих організмів, мутагенних і тератогенних ефектах. Відповідно до гігієнічної класифікації ряд ХОП відноситься до дуже стійких та стійких пестицидів. Важливою відмінною властивістю більшості ХОП є стійкість до дії різних факторів навколишнього середовища (температури, вологості і ін.). На підставі табл. 28 дайте характеристику забруднення ґрунтів пестицидами, розрахувавши кратність перевищення концентрацій над ГДК.

Таблиця 28 – Забруднення хлорорганічними пестицидами ґрунтів, нг/кг

<i>Види угідь</i>	<i>Регіон А</i>		<i>Регіон В</i>		<i>Регіон С</i>		<i>Регіон Д</i>	
	<i>весна</i>	<i>осінь</i>	<i>весна</i>	<i>осінь</i>	<i>весна</i>	<i>осінь</i>	<i>весна</i>	<i>осінь</i>
зернові	<u>0,29</u> –	<u>0,013</u> 0,001	<u>0,119</u> 0,003	<u>0,013</u> 0,002	<u>0,011</u> –	<u>0,005</u> –	<u>0,023</u> –	<u>0,023</u> –
маслянисті	<u>0,030</u> 0,001	<u>0,003</u> 0,001	<u>0,113</u> 0,001	<u>0,055</u> 0,001	<u>0,009</u> 0,003	<u>0,005</u> –	-	-
коренеплоди	<u>0,014</u> 0,001	<u>0,002</u> 0,001	<u>0,096</u> 0,001	<u>0,017</u> 0,002	<u>0,362</u> 0,002	<u>0,045</u> –	-	-
овочеві	<u>0,041</u> 0,014	<u>0,382</u> 0,001	<u>0,008</u> 0,001	<u>0,010</u> 0,001	– 0,001	-	-	-
сади	<u>0,082</u> 0,010	<u>0,001</u> –	<u>0,742</u> 0,002	– 0,001	– 0,001	-	-	-

Примітка. У чисельнику приведені дані за вмістом ДДТ, нг/кг; у знаменнику – гексахлорциклогексану (ГХЦГ), нг/кг; прочерк - даних немає. ГДК хлорорганічних пестицидів в ґрунтах складають для ДДТ і ГХЦГ 0,1нг/кг.

Який регіон найбільш забруднений пестицидами? Під якими культурами частіше спостерігається перевищення ГДК в ґрунтах? Який вид пестицидів є основним забруднювачем ґрунтів кожного регіону? У який сезон (весна, осінь) спостерігаються найбільші концентрації пестицидів у ґрунті? Чому в ґрунтах, на яких вирощувалися овочеві культури, концентрація ДДТ восени більша ніж навесні?

Таблиця 29 – **Вміст радіонуклідів в компонентах прісноводної екосистеми (за Кузьменко)**

<i>Об'єкт</i>	<i>Стронцій-90</i>		<i>Цезій-137</i>	
	<i>Бк/кг</i>	<i>Коефіцієнт накопичення</i>	<i>Бк/кг</i>	<i>Коефіцієнт накопичення</i>
Вода	1,59		0,11	
Мул	621		2183	
Зелені нитчасті	189		1184	
Рогіз вузьколистий	67		70	
Бокоплав	162		111	
Рак довгопалый	410		518	
Дрейсена бузья	836		125	
Щука (6-8 років)	30		629	

Задача 47. Поглинання радіонуклідів гідрофітами здійснюється шляхом накладання дії законів діючих мас та біологічної вибіркості. Перший полягає в тому, що при більш високій концентрації радіонуклідів у середовищі їх проникнення в фітомасу зростає, однак в різній мірі залежно від виду гідрофітів. На цій основі було запропоновано використання коефіцієнта накопичення хімічних елементів, у тому числі радіонуклідів, живими організмами. Коефіцієнт накопичення в порівнянні з водою, для якої він приймається рівним одиниці, досягає значень від 10 до декількох десятків тисяч. Порівняйте коефіцієнти накопичення радіонуклідів в компонентах прісноводної екосистеми (табл. 29). Чим зумовлена така розбіжність в коефіцієнтах накопичення різними об'єктами однієї екосистеми? Поясніть, чому донні тварини мають коефіцієнт накопичення значне більший, ніж тварини, що не прив'язані до мулу (наприклад, щука). Чому тварини, що не прив'язані до мулу, Цезій-137 засвоюють у великій кількості, а Стронцій-90 - в незначній?

Задача 48. Розрахуйте коефіцієнт водної міграції (K_x) для спектру елементів в підземних водах різних гідрогеологічних провінцій (табл. 30). Мінералізацію води прийняти рівною 2250 г/дм³.

Таблиця 30 - Середній вміст хімічних елементів в підземних водах зони гіпергенезу, г/дм³

Елементи	Підземні води провінцій вилуговування				Води провінцій континентального засолення
	тропічного і субтропічного клімату	багаторічної мерзлоти	помірного клімату	гірських областей	
Варіант	1	2	3	4	5
Хлор	$7,35 \cdot 10^{-3}$	$4,67 \cdot 10^{-3}$	$1,59 \cdot 10^{-2}$	$1,27 \cdot 10^{-2}$	0,26
Бор	$3,77 \cdot 10^{-5}$	$2 \cdot 10^{-5}$	$5,6 \cdot 10^{-5}$	$2,8 \cdot 10^{-5}$	$2,48 \cdot 10^{-4}$
Кальцій	$1,66 \cdot 10^{-2}$	$1,68 \cdot 10^{-2}$	$3,83 \cdot 10^{-2}$	$3,78 \cdot 10^{-2}$	$8,64 \cdot 10^{-2}$
Натрій	$1,09 \cdot 10^{-2}$	$6,64 \cdot 10^{-3}$	$2,38 \cdot 10^{-2}$	$1,38 \cdot 10^{-2}$	0,26
Стронцій	$4,75 \cdot 10^{-5}$	$2,08 \cdot 10^{-5}$	$1,85 \cdot 10^{-4}$	$1,02 \cdot 10^{-4}$	$5,6 \cdot 10^{-4}$
Калій	$2,25 \cdot 10^{-3}$	$8,3 \cdot 10^{-3}$	$2,74 \cdot 10^{-3}$	$1,55 \cdot 10^{-3}$	$1,84 \cdot 10^{-3}$
Фосфор	$7,18 \cdot 10^{-5}$	$2,26 \cdot 10^{-5}$	$9,82 \cdot 10^{-5}$	$3,49 \cdot 10^{-5}$	$6,26 \cdot 10^{-5}$
Купрум	$4,63 \cdot 10^{-6}$	$2,44 \cdot 10^{-6}$	$4,85 \cdot 10^{-6}$	$4,06 \cdot 10^{-6}$	$1,19 \cdot 10^{-6}$
Алюміній	$1,47 \cdot 10^{-4}$	$2,16 \cdot 10^{-4}$	$1,65 \cdot 10^{-4}$	$2,36 \cdot 10^{-4}$	$3,7 \cdot 10^{-4}$
Титан	$3,55 \cdot 10^{-6}$	$4,09 \cdot 10^{-6}$	$8,82 \cdot 10^{-6}$	$1,16 \cdot 10^{-5}$	$5,91 \cdot 10^{-5}$

Варіант	6	7	8	9	10
Бром	$1,09 \cdot 10^{-5}$	$8,46 \cdot 10^{-6}$	$8,56 \cdot 10^{-5}$	$5,81 \cdot 10^{-5}$	$2,63 \cdot 10^{-4}$
Йод	$1,2 \cdot 10^{-5}$	$2,19 \cdot 10^{-6}$	$5,59 \cdot 10^{-6}$	$4,25 \cdot 10^{-6}$	$9,95 \cdot 10^{-6}$
Магній	$8,07 \cdot 10^{-3}$	$5,56 \cdot 10^{-3}$	$1,65 \cdot 10^{-2}$	$1,45 \cdot 10^{-2}$	$4,62 \cdot 10^{-2}$
Флуор	$2,2 \cdot 10^{-4}$	$1,9 \cdot 10^{-4}$	$2,6 \cdot 10^{-4}$	$2,5 \cdot 10^{-4}$	$1,47 \cdot 10^{-3}$
Манган	$4,24 \cdot 10^{-5}$	$1,27 \cdot 10^{-5}$	$5,92 \cdot 10^{-5}$	$2,27 \cdot 10^{-5}$	$1,35 \cdot 10^{-4}$
Ніколь	$4,92 \cdot 10^{-6}$	$1,84 \cdot 10^{-6}$	$3,45 \cdot 10^{-6}$	$2,22 \cdot 10^{-6}$	$5,47 \cdot 10^{-6}$
Кобальт	$4,1 \cdot 10^{-7}$	$2,9 \cdot 10^{-7}$	$3,4 \cdot 10^{-7}$	$2,8 \cdot 10^{-7}$	$6,2 \cdot 10^{-7}$
Ферум	$2,51 \cdot 10^{-4}$	$3,28 \cdot 10^{-4}$	$6,89 \cdot 10^{-4}$	$4,29 \cdot 10^{-4}$	$7,1 \cdot 10^{-4}$
Берилій	$1 \cdot 10^{-7}$	$5 \cdot 10^{-8}$	$2,4 \cdot 10^{-7}$	$1,9 \cdot 10^{-7}$	$3,3 \cdot 10^{-7}$

Побудуйте ряди і спектри водної міграції елементів для об'єктів, що вивчаються. Зіставте отримані спектри міграції з рядами водної міграції О.І. Перельмана, оцініть схожість і відмінності в інтенсивності водної міграції елементів в даному регіоні із загальними закономірностями. Оскільки K_x є орієнтовним показником інтенсивності водної міграції, рекомендується підрахунок коефіцієнта в інтервалі цілих величин вести з точністю до 1 %, а для дробів з точністю до 10 %. Ранжирування отриманих величин K_x проведіть відповідно до наступних градацій: > 100; 10-100; 1-10; 0,1-1; < 0,1. Результати оформіть у вигляді таблиці (табл. 31).

Напишіть короткі висновки по специфіці водної міграції елементів в підземних водах різних гідрогеохімічних провінцій, засновані на аналізі отриманих величин K_x і зіставленні їх з рядами міграції О.І. Перельмана. Всі елементи за величиною коефіцієнта водної міграції поділіть на 3 групи. У 1-у внесіть ті елементи, інтенсивність міграції яких співпадає з рядами О.І. Перельмана, тобто є фоновою. У 2-у групу об'єднайте елементи, інтенсивність міграції яких вище фонової, в 3-ю – нижче

Таблиця 31 – Зіставлення рядів водної міграції елементів

K_x	Ряди водної міграції	
	за О.І. Перельманом	для вод (назва)
>100		
10-100		
1-10		
0,1-1		
< 0,1		

Задача 49. Використовуючи дані про розподіл хімічних елементів (в мг/кг) по вертикальному профілю ґрунтів розрахуйте коефіцієнт радіальної диференціації K_p . Побудуйте геохімічні діаграми. Виявіть закономірності радіальної диференціації елементів по ґрунтовому профілю, що вивчається.

Варіант 1							
Горизонти	Метали						
	<i>Mn</i>	<i>Cu</i>	<i>Zn</i>	<i>As</i>	<i>Cd</i>	<i>Hg</i>	<i>Pb</i>
A1	890	25,7	69,6	22,4	0,30	0,11	16,8
A2	850	24,4	71,1	27,5	0,21	0,009	21,0
B	750	22,0	72,1	29,9	0,13	0,067	19,7
C	830	23,7	69,6	36,5	0,14	0,081	23,7

Варіант 2							
Горизонти	Метали						
	<i>Mn</i>	<i>Cu</i>	<i>Zn</i>	<i>Cr</i>	<i>V</i>	<i>Co</i>	<i>Ni</i>
A	810	56	60	93	35	33	58
AB	670	71	55	66	30	32	56
B	630	54	46	47	44	30	54
C	287	59	39	46	31	21	29

Варіант 3							
Горизонти	Метали						
	<i>Mn</i>	<i>Cu</i>	<i>Cr</i>	<i>V</i>	<i>Co</i>	<i>Ni</i>	<i>Pb</i>
A1	290	51	61	70	6	12	26
A2	150	41	54	54	4	10	21
B	160	56	67	100	10	20	23
C	250	71	78	160	13	25	30

Варіант 4							
Горизонти	Метали						
	<i>Mn</i>	<i>Cu</i>	<i>Zn</i>	<i>Cr</i>	<i>Co</i>	<i>Ni</i>	<i>Pb</i>
A	1000	41	200	93	18	20	33
A2B	600	32	180	100	20	32	40
B	330	35	153	86	9	26	30
C	300	30	90	130	10	20	25

Варіант 5							
Горизонти	Метали						
	<i>Mn</i>	<i>Cu</i>	<i>Zn</i>	<i>Co</i>	<i>V</i>	<i>Ni</i>	<i>Pb</i>
A	730	33	78	95	81	25	28
AB	650	30	75	80	76	20	19
B	600	28	71	100	85	18	16
C	420	24	67	120	90	31	21

Варіант 6							
Горизонти	Метали						
	<i>Mn</i>	<i>Cu</i>	<i>Zn</i>	<i>Cr</i>	<i>V</i>	<i>Ni</i>	<i>Pb</i>
A	660	29	67	71	74	28	19
AB	680	28	72	75	70	31	21
B	590	13	45	78	68	25	15
C	570	23	57	82	81	32	16

Варіант 7							
Горизонти	Метали						
	<i>Mn</i>	<i>Cu</i>	<i>Zn</i>	<i>As</i>	<i>Cd</i>	<i>Hg</i>	<i>Pb</i>
A1	590	25,7	69,6	22,9	0,30	0,120	15,8
A2	550	23,4	71,1	27,6	0,21	0,095	20,0
B	450	22,0	72,1	29,9	0,13	0,064	18,7
C	530	23,7	69,6	36,5	0,14	0,081	23,4

Варіант 8							
Горизонти	Метали						
	<i>Mn</i>	<i>Cu</i>	<i>Zn</i>	<i>Cr</i>	<i>V</i>	<i>Co</i>	<i>Ni</i>
A	840	59	62	98	38	43	54
AB	660	74	53	66	34	42	52
B	630	56	45	49	44	40	50
C	297	63	39	50	35	31	26

Варіант 9							
Горизонти	Метали						
	<i>Mn</i>	<i>Cu</i>	<i>Cr</i>	<i>V</i>	<i>Co</i>	<i>Ni</i>	<i>Pb</i>
A1	299	55	71	80	16	22	46
A2	150	41	64	54	14	20	41
B	166	59	77	101	20	30	48
C	254	71	88	165	23	35	40

Варіант 10							
Горизонти	Метали						
	<i>Mn</i>	<i>Cu</i>	<i>Zn</i>	<i>Cr</i>	<i>Co</i>	<i>Ni</i>	<i>Pb</i>
A	1010	45	240	97	18	22	34
A2B	620	32	180	105	25	34	47
B	350	35	163	96	19	29	30
C	300	27	98	130	20	22	29

Задача 50. Використовуючи дані про вміст елементів в ґрунтах елементарних ландшафтів від місцевих вододілів до місцевих депресій (табл. 32) розрахуйте величини коефіцієнта латеральної диференціації K_L

Таблиця 32 – Вміст металів в ґрунтах елементарних ландшафтів різних геоморфологічних структур, мг/кг

Ландшафти	Метали						
	<i>Mn</i>	<i>Cu</i>	<i>Zn</i>	<i>Cr</i>	<i>V</i>	<i>Pb</i>	<i>Sr</i>
Варіант 1							
Елювіальний	670	23	68	102	98	28	250
Транселювіальний	660	34	75	115	91	32	210
Трансакумулятивний	780	29	68	109	110	26	200
Трансупераквальний	590	30	62	94	112	29	250
Варіант 2							
Елювіальний	870	30	78	95	115	35	180
Транселювіальний	910	34	71	117	124	38	250
Трансакумулятивний	660	38	86	85	98	26	170
Трансупераквальний	720	33	82	103	81	19	230

Варіант 3							
Елювіальний	720	30	71	97	120	19	210
Транселювіальний	850	32	75	115	115	28	250
Трансакумулятивний	570	13	53	80	60	11	300
Трансупераквальний	900	27	60	95	89	35	215
Варіант 4							
Елювіальний	660	25	75	96	87	24	190
Транселювіальний	810	30	84	120	98	28	360
Трансакумулятивний	580	32	78	118	114	17	250
Трансупераквальний	770	21	66	90	125	19	220
Варіант 5							
Елювіальний	590	25	76	110	78	23	220
Транселювіальний	680	38	74	85	89	29	190
Трансакумулятивний	750	32	68	98	115	35	250
Трансупераквальний	610	34	61	115	90	16	180
Варіант 6							
Елювіальний	770	33	75	90	112	29	180
Транселювіальний	800	40	81	115	120	21	210
Трансакумулятивний	650	35	68	85	97	35	250
Трансупераквальний	540	21	63	100	84	24	190
Варіант 7							
Елювіальний	870	25	85	98	99	38	220
Транселювіальний	800	42	91	91	94	42	200
Трансакумулятивний	600	35	79	110	115	36	1800
Трансупераквальний	540	26	66	112	117	39	250
Варіант 8							
Елювіальний	790	33	79	99	125	39	120
Транселювіальний	800	45	86	115	116	48	150
Трансакумулятивний	650	30	68	89	69	24	200
Трансупераквальний	590	29	61	95	83	55	115
Варіант 9							
Елювіальний	670	43	71	90	151	55	220
Транселювіальний	880	50	75	117	142	58	250
Трансакумулятивний	610	45	53	85	111	46	170
Трансупераквальний	520	31	60	109	86	39	230
Варіант 10							
Елювіальний	900	30	68	115	77	33	240
Транселювіальний	820	47	75	90	88	39	190
Трансакумулятивний	640	38	68	98	110	45	260
Трансупераквальний	590	25	62	115	80	26	170

Побудуйте геохімічні діаграми. Дайте характеристику геохімічних властивостей елементарних ландшафтів різних геоморфологічних структур: **а)** тип латеральної диференціації для кожного елементу; **б)** схожості і відмінності в міграції набору елементів, що вивчається, виявлення асоціацій елементів з однаковими типами латеральної диференціації; в разі транзитної і акумулятивної латеральної диференціації оцініть ступінь їх контрастності на основі наступних градацій величин K_n : 0,8-1,2 – неконтрастні; 0,5-0,8 або 1,2-2,0 – слабо контрастні; < 0,5 або > 2,0 – контрастні.

Задача 51. За даними таблиця 34 розрахуйте коефіцієнт концентрації K_c і сумарний показник забруднення Z_c на модельних ділянках. Дайте оцінку рівня забруднення ґрунту за шкалою балів табл. 22 (стор. 73) і оцініть небезпеку забруднення даної ділянки для здоров'я людини за шкалою розробленою Ю. Саетом і Б. Равичем (табл. 34). Дайте характеристику основних джерел аеротехногенного надходження важких металів в природне середовище.

Таблиця 33 – Вміст важких металів у ґрунтах, мг/кг

Модельна ділянка	Cu		Zn		Pb		Cd		Z_c
	C	K_c	C	K_c	C	K_c	C	K_c	
1	42,2		78,1		16,6		0,35		
2	25,0		98,05		15,5		0,37		
3	12,5		39,3		5,5		0,22		
4	16,4		32,4		9,2		0,13		
5 (фон)	2,7		7,8		6,2		0,17		

Таблиця 34 - Шкала рівнів небезпеки для здоров'я людини за значенням сумарного показника забруднення ґрунтів

Значення Z_c	Наслідки для здоров'я людини
< 8	Небезпеки не виникає, ситуація відносно задовільна. Низький рівень захворюваності дітей і мінімальна частота функціональних відхилень.
16-32	Ситуація помірно небезпечна. Збільшується захворюваність дітей. Сумарна захворюваність досягає 15%.
32-64	Екологічна ситуація характеризується як надзвичайна. Зростає захворюваність дітей на хронічні хвороби, порушується діяльність серцево-судинної системи. Сумарна захворюваність зростає до 40%.
> 128	Екологічна ситуація характеризується як дуже небезпечна. Настає екологічне лихо, захворюваність перевищує 70%. Збільшення захворюваності дітей, порушення репродуктивної функції жінок (збільшення токсикозу вагітності, числа передчасних пологів, мертвонародженості і ін.)

Задача 52. В комплексі антропогенних факторів, які негативно впливають на навколишнє середовище, особливе місце за своєю значимістю та ступенем впливу на довкілля займає автотранспорт. За даними табл. 35 розрахуйте коефіцієнт концентрації K_c і сумарний показник забруднення Z_c на модельних ділянках.

Таблиця 35 – Вміст важких металів у ґрунтах примагістральних смуг, мг/кг

Модельна ділянка	Реперні точки	Cu		Zn		Pb		Cd		Z_c
		C	K_c	C	K_c	C	K_c	C	K_c	
Вул. Шевченка	1	0,71		8,36		4,78		0,23		
	2	0,72		8,36		4,65		0,24		
	3	2,65		11,63		9,99		0,13		
	4 (фон)	0,41		6,84		2,49		0,20		
Вул. Смілянська	1	2,82		13,70		11,27		0,21		
	2	0,65		14,43		8,15		0,22		
	3	0,91		15,47		7,78		0,32		
	4 (фон)	0,36		6,57		3,47		0,25		

Дайте оцінку рівня забруднення ґрунту примагістральних смуг автотранспортом за шкалою балів табл. 22. Чому для оцінки впливу автотранспорту на забруднення ґрунту за фонову береться ділянка у дворі, що прилягає до автотраси? Які фактори визначають ступінь забруднення ґрунтів примагістральних смуг важкими металами? За даними моніторингу, охарактеризуйте стадію процесу трансформації екосистеми.

Задача 53. Вміст водорозчинного фтору в ґрунтах лімітується. Його гранично допустима концентрація дорівнює 2,8 мг/кг ґрунту. У табл. 36 представлені дані про розподіл по території міста вмісту фтору у верхньому горизонті ґрунтів, в корінні і стеблах рослин в районі заводу з виробництва скла. Від умовно вибраної точки побудуйте окремо карти забруднення за вмістом водорозчинного і валового фтору в ґрунтах, в корінні і стеблах рослин. Для цього проведіть основні сторони горизонту, як показано на рис. 3, і по цих напрямках в масштабі 1 см-2 км, позначте точки відбору проб і нанесіть відповідні концентрації з табл. 36. Проведіть ізолінії з інтервалом: для водорозчинного фтору 2,8 мг/кг, валового фтору в ґрунтах і стеблах рослин – 100 мг/кг, в корінні – 200 мг/кг.

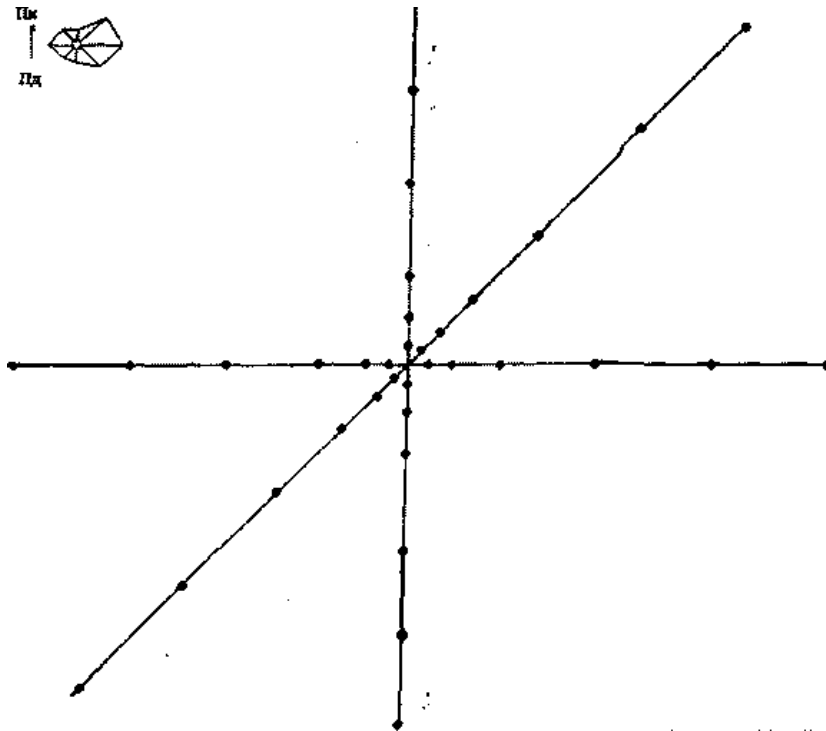


Рис. 3 – Схема розташування точок випробування верхнього горизонту ґрунтів, стебел і коріння рослин

Таблиця 36 – Вміст фторидів в ґрунті і рослинах

<i>Відстань від джерела, км</i>	<i>Напрямок від джерела</i>	<i>Вміст фтору в ґрунтах, мг/кг</i>		<i>Вміст валового фтору в рослинах, мг/кг</i>	
		<i>водорозчинного</i>	<i>валового</i>	<i>у корінні</i>	<i>у стеблах</i>
0,5	південь	15,0	155	450	160
1,0		8,0	151	280	120
2,0		5,2	130	260	100
5,0		2,2	83	118	70
10,0		2,0	19	103	40
20,0		1,9	14	104	35
0,5	схід	17,0	210	670	210
1,0		15,0	196	430	180
2,0		5,1	101	250	100
5,0		4,0	70	165	81
10,0		2,5	70	124	55
20,0		2,0	40	110	40
0,5	захід	14,0	136	500	220
1,0		13,0	121	450	187
2,0		11,0	110	256	130
5,0		10,0	100	240	121

10,0	захід	9,0	80	200	116
20,0		8,0	60	160	89
30,0		4,0	40	130	87
0,5	північ	16,0	175	560	150
1,0		11,0	151	520	130
2,0		8,0	105	408	125
5,0		5,0	103	400	120
10,0		4,0	100	300	110
20,0		3,0	70	250	100
30,0		1,5	70	126	80
0,5	північний схід	8,0	98	350	110
1,0		4,0	80	186	80
2,0		3,5	70	160	71
5,0		3,0	70	100	60
10,0		2,0	60	50	30
20,0		1,0	20	не виявлено	10
0,5	південний захід	18,0	240	700	200
1,0		16,0	210	660	200
2,0		12,0	182	560	180
5,0		7,0	135	450	135
10,0		6,0	130	300	130
20,0		2,5	129	280	125
30,0		2,0	120	250	100

Лінії ізоконцентрацій елементів будуються із застосуванням способу інтерполяції і екстраполяції. Розрахункові точки визначаються шляхом розбиття відстані між двома найближчими точкам відбору проб на рівні відрізки відповідно до прийнятого кроку розміщення ліній ізоконцентрацій. Знаючи відстань між пунктами проаналізованих проб і різницю у вмісті елементу між ними визначають ціну поділки на відміряному відрізку і потім показують положення точок відповідних концентрацій на карті. Для вивчення розподілення хімічних елементів шляхом побудови карт ізоконцентрацій з наступним оконтурюванням району їх концентрування можна використовувати комп'ютерні технології.

На яку відстань (по кожному з напрямків) простежується вплив заводу, як це узгоджується з розою вітрів? Як корелює забруднення ґрунтів із забрудненням рослинності? Де спостерігається найбільше накопичення фтору – в корінні чи в стеблах? Як це співвідношення змінюється з відстанню?

Задача 54. Розрахуйте екологічне навантаження по Нітрогену і Сульфурі в зоні дії промислового підприємства при відомих концентраціях в приземному шарі оксидів Нітрогену і Сульфурі (табл. 37).

Набуті значення порівняйте з критичними (табл. 38). Дайте оцінку території за сумарним екологічним навантаженням.

Таблиця 37 – Концентрації NO_2 і SO_2 в приземному шарі, мг/м^3

Речовина	Варіант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
NO	0,01	0,13	0,04	0,08	0,08	0,06	0,13	0,10	0,02	0,05
NO_2	0,04	0,85	0,37	0,64	0,18	0,57	0,48	0,32	0,08	0,43
SO_2	0,08	0,61	0,05	0,78	0,03	0,22	0,36	0,38	0,45	0,66

Таблиця 38 – Критичні навантаження по речовинам, що впливають на рослинність і водні екосистеми

Показники	Критичні навантаження, $\text{т/км}^2 \cdot \text{рік}$		
	Параметри		Норма
	Екологічне лихо	Надзвичайна екологічна ситуація	
Сполуки Сульфуру	>5	3-5	<0,32
Сполуки Нітрогену	>4	2-4	<0,28

Задача 55. Використовуючи дані про значення екологічних навантажень забруднюючих речовин на території, що прилягає до котельної (табл. 39), дайте оцінку території по величині сумарних екологічних навантажень.

Таблиця 39 – Екологічні навантаження забруднюючих речовин

Місце відбору проб	Екологічні навантаження, $\text{т/км}^2 \cdot \text{рік}$						
	$P_{\text{взваж. част.}}$	$P_{\text{HCO}_3^-}$	$P_{\text{NH}_4^+}$	$P_{\text{NO}_3^-}$	P_{Cl^-}	$P_{\text{SO}_4^{2-}}$	P_{HS^-}
На межі СЗЗ	57,96	75,1	0,34	4,34	7,38	0,834	2,96
100 м від СЗЗ	63,49	68,94	0,13	4,24	7,19	0,813	2,95
200 м от СЗЗ	42,29	63,54	0,10	4,21	6,73	0,705	2,90
300 м от СЗЗ	29,36	59,22	0,07	4,18	5,81	0,521	2,802

Задача 56. Користуючись даними по величинах ГДК хімічних елементів у питній воді і ґрунті, критеріями оцінки екологічної обстановки за геохімічними показниками (табл. 40) за наведеними в табл. 41 еколого-геохімічними показниками визначте ступінь гостроти екологічної ситуації по кожному показнику окремо. Дайте комплексну оцінку еколого-геохімічної ситуації на досліджуваній території.

Таблиця 40 – Систематика факторів самоочищення різних природних середовищ

<i>Атмосфера</i>	<i>Поверхневі і Ґрунтові води</i>	<i>Ґрунти</i>
Температура повітря	Температура води	Температура верхнього шару ґрунту
Сонячна радіація	Сонячна радіація	Сонячна радіація
Кількість опадів	Кількість опадів	Кількість опадів
Вітер	Швидкість течії	Характер та інтенсивність біологічного кругообігу
Кількість штилів	Окисно-відновні і кислотно-лужні умови	Окисно-відновні (<i>Eh</i>) і кислотні (pH) умови
Температурні інверсії в приземному шарі атмосфери	Механічний і мінералогічний склад ґрунту і ґрунтоутворюючих порід	Вміст гумусу і його якісний склад
Фотосинтетична активність біоценозів	Характер залягання ґрунтових вод	Механічний склад ґрунту
Висота і густина деревостою	Біохімічна активність живої речовини	Ємність поглинання

Таблиця 41 – Еколого-геохімічні показники

<i>№ варіанта</i>	<i>Вміст у питній воді, мг/л</i>	<i>Zc</i>	<i>Вміст в поверхневих водах, мг/л</i>	<i>Вміст в ґрунтах, мг/кг</i>	<i>Частка забрудненої с/г продукції, %</i>
1	Be – 0,0005; Al – 3,5; Ba – 0,5; Ni – 1,2; Cr – 0,5	115	Al – 0,0025; B – 3,5; Cd – 0,01; Cu – 70; Mn – 6,0	As – 25; Cd – 6,0; B – 140; Co – 300; V – 1500	52
2	Hg – 0,0015; Mo – 3,0; As – 0,75; Cu – 20,0; Zn – 50,0	130	Cd – 0,012; Pb – 0,6; Sr – 70,0; Ni – 7,5; Cr – 5,6	Hg – 7,0; Pb – 400; Zn – 1000; Cu – 1500; Cr – 1500	70
3	Pb – 0,12; Cd – 0,005; Al – 1,5; Mn – 0,8; Cr – 0,3	40	Be – 0,0006; Hg – 0,002; Sr – 35,0; Cu – 25,0; Ni – 4,0	As – 17; Cd – 3,0; Hg – 4,0; Co – 200; Ni – 400	20

Продовження табл. 41

4	Mo - 0,5; Ba - 0,3; Pb - 0,1; Zn- 10,0	27	Al - 1,0; Ni - 0,2; Cu -15,0; Mn - 1,0; Mo - 5,0	Pb - 150; Zn - 300; Mo -10,0; Cr - 300; V - 600	7
5	Be - 0,0004; Mo - 2,5; As -0,3; Cu - 13,0; Ni - 1,4	75	Hg - 0,004; Ba - 0,7; Sr -40; Cr-0,3; Zn-300	Cd - 5,0; As - 23; Co -400; Cu-200; Mn-600	45
6	Hg - 0,001; Al - 2,0; Cd -0,003; Pb - 0,1; Mn - 0,6	52	B - 2,0; Mo -1,0; Ni - 2,5, Cu -15; Zn - 50,0	Mo - 20; Cr - 500; Co -150; Pb - 200; V -1000	20
7	Pb - 0,42; Cd - 0,05; Al - 2,5; Mn - 1,8; Cr - 0,6	50	Be - 0,006; Hg - 0,02; Sr -15,4; Cu - 45,0; Ni - 34,0	As- 17; Cd - 3,0; Hg - 4,0; Co - 200; Ni - 400	28
8	Mo - 0,05; B - 2,5; Ba - 0,03; Pb - 0,21; Zn -10,0	24	Al - 1,8; Ni - 0,6; Cu -11,0; Mn - 4,0; Mo - 6,0	Pb - 200; Zn - 450; Mo -18,0; Cr-200; V-500	17
9	Be - 0,004; Mo - 1,2; As -0,03; Cu - 33,0; Ni - 2,4	175	Hg - 0,04; Ba - 0,4; Sr -44; Cr - 0,6; Zn - 500	Cd - 6,0; As - 32; Co -600; Cu - 250; Mn - 500	35
10	Ig - 0,01; Al - 2,9; Cd - 0,03, Pb - 0,3; Mn - 0,9	66	B -5,0; Mo - 3,0; Ni - 2,0, Cu - 15; Zn - 50,0	Mo - 25; Cr - 400; Co -250; Pb - 250; V - 800	60

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 27.12.2012 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 контролюючих заходів, що проводяться по дисципліні «Екологічна хімія з основами екотоксикології»; згідно з робочим навчальним планом та робочою програмою дисципліни.

Контролюючі заходи поділяються на 2 типи:

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

Комплекс контролюючих 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 проведення

підсумкового контролю знань студентів ОДЕКУ» в редакції від 27.12.2012 р.

Комплекс контролюючих заходів регламентує організацію поточного та підсумкового контролю рівня набутих студентами знань, вмінь та навичок у ході вивчення дисципліни «Екологічна хімія з основами екоотоксикології»; 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 контролюючих 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 42.

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 контролюючих заходів.

Сума балів, яку отримав студент за всіма змістовними модулями (заліковою одиницею) навчальної дисципліни «Екологічна хімія з основами екотоксикології», 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 екотоксикології», 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 42

<i>№</i>	<i>Види завдань, за які нараховують бали</i>	<i>Кількість балів, що нараховані за виконання певного виду завдання</i>
1	Змістовний модуль №1, №2 – теоретичний, складається з 5 питань (КР-1, КР-2)	30 (15+15)
2	Написання та захист реферату	10
3	Складання письмових повідомлень з наукової роботи студентів	10
	Усього за теоретичний модуль:	50
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	Підсумкова контрольна робота (КР)	10
	Усього за практичний модуль:	50
	Усього за семестр:	100

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 екотоксикології» (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 43.

Таблиця 43 – Шкала переходу від оцінки поточного контролю до підсумкової оцінки

<i>Сума балів (%)</i>	<i>Традиційна оцінка з екзамену</i>
< 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

<i>Шкала ECTS</i>	<i>За національною системою</i>	<i>Визначення</i>	<i>За системою університету (в%)</i>
A	5 (відмінно)	відмінне виконання лише з незначними помилками	90-100
B	4 (добре)	вище середнього рівня з кількома помилками	82-89
C	4 (добре)	загалом правильна робота з певною кількістю грубих помилок	74-81
D	3 (задовільно)	непогано, але зі значною кількістю помилок	64-73
E	3 (задовільно)	виконання задовольняє мінімальні критерії	60-63
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 Інструкцією «Про порядок проведення та критерії оцінювання відповідей студентів ОДЕКУ під час письмових іспитів» (зі змінами, що внесені рішенням ректорату від 11.10.2010 р.).

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 екоотоксикології» 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 екоотоксикології» 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:

<i>Елементи НДР</i>	<i>Кількість кредитів</i>			
	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>Заохочення</i>
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 генномодифікованих організмів та оцінка їх шкідливості для організму.
14. Екологічна класифікація якості поверхневих вод.
15. Основні полютанти атмосфери, літосфери і гідросфери.
16. Джерела викидів в атмосферу та їх вплив на формування парникового ефекту.
17. Шляхи переносу важких металів по трофічним ланцюгам та негативний вплив їх на біоту.
18. Джерела забруднення природних вод нафтопродуктами і радіонуклідами.
19. Значення твердості природної води та її агресивна дія на людину, бетон і метали.
20. Методи екологічної хімії та їх практичне застосування для оцінки токсичної дії хімічних речовин на біосферу.

До складу реферату повинні входити пункти: зміст; вступ; основна частина; висновки; література.

Оформлення титульного листа реферату наукового модулю

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Одеський державний екологічний університет

Кафедра хімії навколишнього середовища

РЕФЕРАТ

Тема: «.....»

Виконав: П.І.Б. студента

Група:

Перевірив: П.І.Б. викладача

ОДЕСА – 201__ р.

Додаток 2

Добуток розчинності деяких малорозчинних електролітів при 25⁰С

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

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 AsO_2^-	Немає	Висока; ниркова недостатність і розумовий розлад	Паливо, миючі засоби, пестициди, металургія
Кобальт Co^{2+}	Немає	Висока; гіпертонія, захворювання нирок, зменшення гемоглобіну в крові	Руди, металеві покриття, дим сигарет
Свинець Pb^{2+}	Немає	Висока; анемія, судоми, ниркова недостатність, розумова відсталість у дітей	Труби, фарби, бензин, викиди автотранспорту
Ртуть Hg^{2+} CH_3Hg^+ $(\text{CH}_3)_2\text{Hg}$	Немає	Висока; нервові розлади, параліч, сліпота, уроджені дефекти у дітей, божевілля	Гальванічні елементи, виробництво лугів, хлору, органічних сполук
Селен SeO_3^{2-} SeO_4^{2-}	Так	Висока; порушення роботи печінки.	Мінерали, металургія
Хром CrO_4^{2-}	Так	Висока; можливий канцероген	Гальванічні виробництва
Мідь Cu^{2+}	Так	Низька; порушення роботи печінки.	Руди, труби, гальванічне виробництво
Срібло Ag^+	Немає	Середня; знебарвлення шкіри й ока	Гальванічне виробництво, фотосправа
Залізо Fe^{2+} Fe^{3+}	Так	Підвищення сприйнятливості до інфекцій	Мінеральні джерела, ржавий метал.
Марганець Mn^{2+}	Так	Низька	Рудничні води
Цинк Zn^{2+}	Так	Низька	Гальванічні виробництва

Додаток 4

Джерела надходження та концентрації окремих інгредієнтів в тропосферному шарі атмосфери

<i>Інгредієнт</i>	<i>Джерела надходження</i>	<i>Концентрації, млн⁻¹</i>
CO ₂	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 ₄	Емісія природного газу, розкладання органічних речовин	1-2 у всій тропосфері
NO ₂	Електричні розряди, робота двигунів внутрішнього згорання, спалення органічних речовин	0,01 у чистому повітрі; 0,2 при смогах
O ₃	Електричні розряди, дифузія із стратосфери, фотохімічні процеси в атмосфері	0-0,01 у чистому повітрі; 0,1-5 – при смогах
SO ₂	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

PERIОДИЧНА СИСТЕМА ЕЛЕМЕНТІВ Д.І. МЕНДЕЛІЄВА												
PERIOD	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII				
1	H 1,0079 Гідроген Водень							He 4,0026 Гелій	2 Протонне число (порядковий номер)			
2	Li 6,941 Літій	4 9,0122 Be Берилій	5 10,811 B Бор	6 12,011 C Карбон Вуглець	7 14,007 N Нітроген Азот	8 15,999 O Оксиген Кисень	9 18,998 F Флуор Фтор	10 20,179 Ne Неон	26 55,847 Fe Ферум Залізо	Хімічний символ Традиційна назва простої речовини		
3	Na 22,990 Натрій	12 24,305 Mg Магній	13 26,982 Al Алюміній	14 28,086 Si Силіцій	15 30,974 P Фосфор	16 32,066 S Сульфур Сірка	17 35,453 Cl Хлор	18 39,948 Ar Аргон	27 58,933 Co Кобальт	Відносна атомна маса		
4	K 39,098 Калій	20 40,078 Ca Кальцій	21 44,956 Sc Скандій	22 47,88 Ti Титан	23 50,942 V Ванадій	24 51,996 Cr Хром	25 54,938 Mn Манган	26 55,847 Fe Ферум Залізо	28 58,69 Ni Нікол Нікель			
5	Rb 85,468 Рубідій	30 65,39 Zn Цинк	31 69,723 Ga Галій	32 72,59 Ge Германій	33 74,922 As Арсен	34 78,904 Se Селен	35 79,904 Br Бром	36 83,80 Kr Криптон	45 102,91 Ru Рутеній	46 106,42 Rh Родій		
6	Cs 132,91 Цезій	38 87,62 Sr Стронцій	39 88,906 Y Ітрій	40 91,224 Zr Цирконій	41 92,906 Nb Ніобій	42 95,94 Mo Молибден	43 [99] Tc Технецій	44 101,07 Ru Рутеній	54 131,29 Xe Ксенон	77 192,22 Ir Іридій		
7	Au 196,97 Аурум Золото	56 137,33 Ba Барій	57 138,91 *La Лантан	72 178,49 Hf Гафній	73 180,95 Ta Тантал	74 183,85 W Вольфрам	75 186,21 Re Реній	76 190,2 Os Осмій	85 [210] At Астат	109 [266] Mt Майтнерій		
	Fr [223] Францій	80 200,59 Hg Меркурій Ртуть	81 204,38 Tl Талій	82 207,2 Pb Свинець, оливо	83 208,98 Bi Бісмут	84 [209] Po Полоній	85 [210] At Астат	86 [222] Rn Радон	108 [265] Hn Ганій	110 58,69 Uun Унуній		
58	Ce 140,12 Церій	60 144,24 Nd Неодим	62 150,36 Sm Самарій	63 151,96 Eu Європій	64 157,25 Gd Гадоліній	65 158,93 Tb Тербій	66 162,50 Dy Диспрозій	67 164,93 Ho Гольмій	68 167,26 Er Ербій	69 168,93 Tm Тулій	70 173,04 Yb Іттербій	71 174,97 Lu Лютецій
90	Th 232,04 Торій	92 238,03 U Уран	94 [244] Np Нептуній	95 [243] Am Америцій	96 [247] Cm Кюріум	97 [247] Bk Берклій	98 [251] Cf Каліфорній	99 [252] Es Ейнштейній	100 [257] Fm Фермій	101 [258] Md Менделєєв	102 [259] No Нобелій	103 [260] Lr Лоуренсій

* Лантаноїди
** Актиноїди

Таблиця 1 – Розчинність солей та основ у воді

Аніони	Катіони																						
	K ⁺	Na ⁺	NH ₄ ⁺	Ba ²⁺	Sr ²⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	Cr ³⁺	Fe ³⁺	Fe ²⁺	Mn ²⁺	Zn ²⁺	Ni ²⁺	Co ²⁺	Ag ⁺	Hg ²⁺	Cu ²⁺	Cd ²⁺	Pb ²⁺	Bi ³⁺	Sn ²⁺	
OH ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	ВР	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н
F ⁻	Р	Р	Р	ВР	ВР	ВР	ВР	ВР	Н	ВР	ВР	ВР	ВР	Р	Р	Р	-	ВР	ВР	ВР	ВР	Н	Р
Cl ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	ВР	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Н	Р	Р	Р	ВР	-	Р
Br ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	ВР	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Н	Н	Р	Р	Р	ВР	-	Р
I ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Н	Н	Н	Н	Н	ВР	Н	Р
S ²⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	ВР	-	-	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н
SO ₃ ²⁻	Р	Р	Р	Н	Н	Н	ВР	-	-	-	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	-	Н	Н	Н	-	-
SO ₄ ²⁻	Р	Р	Р	Н	ВР	ВР	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	ВР	ВР	-	Р	Р	ВР	Р	Р
PO ₄ ³⁻	Р	Р	Р	Н	Н	Н	Н	Н	ВР	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	-
CrO ₄ ²⁻	Р	Р	Р	Н	ВР	Р	Р	-	-	-	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н
CO ₃ ²⁻	Р	Р	Р	Н	Н	Н	Н	-	-	-	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	-
NO ₃ ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р
NO ₂ ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	ВР	ВР	-	Р	Р	Р	Р	Р
CH ₃ COO ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	ВР	ВР	Р	Р	Р	Р	Р	Р
SiO ₃ ²⁻	Р	Р	-	Н	Н	Н	Н	Н	-	Н	Н	Н	Н	-	-	-	-	Н	Н	Н	Н	Н	-

Примітка: Р – розчинні у воді; ВР – важкорозчинні (малорозчинні); Н – практично нерозчинні; “-” – риска означає, що речовина не існує або розкладається водою.

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

**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

Додаток 9

Нормативи якості поверхневих вод (санітарні норми)

№ п/п	Гідрохімічний показник	Клас небезпеки	Для водойм рибогосподарського призначення		Для водойм господарсько- побутового використання	
			ГДК _{рг}	ЛОШ	ГДК _{гп}	ЛОШ
1	Завислі речовини, мг/дм ³		-		0,25 від фонов. значень	
2	Розчинений кисень, мгО ₂ /дм ³		-		>4,0	
3	Водневий показник, од. рН		6,5-8,5		6,5-8,5	
4	БСКБ, мгОг/дм ³		-		3,0	
5	ХСК, мгО ₂ /дм ³		-		15,0	
6	Сума іонів, мг/дм ³		-		1000	
7	Хлоридні іони, мг/дм ³	4	300		350	органолепт.
8	Сульфатні іони, мг/дм ³	4	100		500	органолепт.
9	Азот амонійний, мг/дм ³	3	0,39	токсиколог.	2	загально-саніт.
10	Азот нітратний, мг/дм ³	3	40,0	токсиколог.	45,0	саніт.-токсикол.
11	Азот нітритний, мг/дм ³	2	0,08	токсиколог.	3,3	саніт.-токсикол.
12	Фосфатні іони, мг/дм ³	3	-	-	3,5	органолепт.
13	Алюміній, мг/дм ³	2	- 0,04	токсиколог.	0,53	саніт.-токсикол.
14	Арсен, мг/дм ³	2	0,05	токсиколог.	0,053	саніт.-токсикол.
15	Мідь, мг/дм ³	3	0,005	токсиколог.	1,03	органолепт.
16	Цинк, мг/дм ³	3	0,01	токсиколог.	1,03	загально-саніт.
17	Марганець, мг/дм ³	3	0,01	токсиколог.	0,13	органолепт.
18	Хром (VI), мг/дм ³	3	0,001	токсиколог.	0,05	саніт.-токсикол.
19	Ртуть, мг/дм ³	1	0,0001	токсиколог.	0,00053	саніт.-токсикол.
20	Свинець, мг/дм ³	2	0,1	заг.-саніт.	0,03	саніт.-токсикол.
21	Нікель, мг/дм ³	3	0,01	токсиколог.	0,13	саніт. - токсикол.
22	Кадмій, мг/дм ³	2	0,005	токсиколог.	0,0013	саніт.-токсикол.
23	Залізо загальне, мг/дм ³	3	0,05	токсиколог.	0,33	органолепт.
24	Нафтопродукти, мг/дм ³	4	0,05	рибогоспод.	0,3	органолепт.
25	СПАР, мг/дм ³	4	-	-	0,5	органолепт.
26	Феноли, мг/дм ³	4	0,001	рибогоспод.	0,001	органолепт.

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до проведення практичних занять
з дисципліни
«Екологічна хімія з основами
екотоксикології»

ДЛЯ СТУДЕНТІВ І КУРСУ МАГІСТЕРСЬКОЇ ПІДГОТОВКИ
ЗА СПЕЦІАЛЬНІСТЮ 8.04010601
«Екологія та охорона навколишнього середовища»
освітньо-кваліфікаційний рівень – магістр.

Укладачі: Шевченко С.В., ст. викладач; Горліченко М.Г. доц., к.п.н.

Підп. до друку _____ Формат 60x84/16 Папір офс.
Умовн. друк. арк. _____ Тираж _____ Зам. № _____

Надруковано з готового оригінал-макета

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