

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНА МЕТАЛУРГІЙНА АКАДЕМІЯ УКРАЇНИ**

**РОБОЧА ПРОГРАМА,  
методичні вказівки та індивідуальні завдання  
до вивчення дисципліни «Основи екології» для студентів  
технічних спеціальностей**

Друкується за Планом видань навчальної та методичної літератури,  
затвердженим Вченою радою НМетАУ  
Протокол № 1 від 26.01.2018

**Дніпро НМетАУ 2018**

УДК 504.06(07)

P58

Робоча програма, методичні вказівки та індивідуальні завдання до вивчення дисципліни «Основи екології» для студентів технічних спеціальностей / Укл.: А.Г. Мешкова, О.В. Матухно, М.В. Сухарева. – Дніпропетровськ: НМетАУ, 2018. – 77 с.

Викладено мету та завдання вивчення дисципліни, її зміст, критерії оцінювання знань студента. Наведено варіанти індивідуальних завдань, перелік рекомендованої літератури, методичні рекомендації щодо самостійного опрацювання окремих розділів програми та виконання індивідуального завдання.

Призначена для студентів технічних спеціальностей заочної форми навчання.

Укладачі: А.Г. Мешкова, ст. викладач  
О.В. Матухно, канд. техн. наук, доц.  
М.В. Сухарева, ст. викладач

Відповідальний за випуск О.О. Єрємін, д-р техн. наук, проф.

Рецензент В.В. Пісчанська, канд. техн. наук, доц.

Підписано до друку 28.10.2018. Формат 60x84 1/16. Папір друк. Друк плоский. Облік.-вид. арк. 4,53. Умов. друк. арк.4,52. Тираж 100 пр. Замовлення №189.

Національна металургійна академія України

49600, м. Дніпро-5, пр. Гагаріна, 4

Редакційно-видавничий відділ НМетАУ

## **ВСТУП**

Робоча програма дисципліни «Основи екології» складена на підставі типової програми для вищих навчальних закладів та враховуючи металургійний профіль навчального закладу.

Дисципліна «Основи екології» відноситься до циклу фундаментальних дисциплін й органічно пов'язана з іншими дисциплінами цього та гуманітарного циклів.

З дисципліни «Основи екології» студентам читаються настановні та оглядові лекції. Студенти одержують індивідуальні та групові консультації, виконують практичні роботи. Основна форма навчальної роботи студентів — самостійне вивчення матеріалу дисципліни за рекомендованими підручниками, навчальними посібниками та іншими літературними джерелами у послідовності, наведеній у робочій програмі. Практичних навичок з дисципліни студент набуває в процесі практичних занять та виконання індивідуального завдання.

При вивченні матеріалу рекомендується вести конспект для систематизації та закріплення знань. Конспект не повинен бути об'ємним, але повинен бути змістовним.

Згідно з навчальним планом дисципліни передбачається виконання індивідуального завдання, практичних робіт та залік. Після захисту індивідуального завдання та практичних робіт студент складає письмово залік з дисципліни.

## **1 РОБОЧА ПРОГРАМА ДИСЦИПЛІНИ**

### **1.1 Мета та завдання**

*Мета вивчення дисципліни* — формування у студентів уявлень про складні взаємозв'язки живих організмів друг з другом та навколишнім середовищем, про особливості функціонування екологічних систем різного рівня та лімітів антропогенного навантаження на екосистеми, а також про вплив господарської діяльності людини на біосферу.

*Завдання вивчення дисципліни:*

- розглянути типи факторів, що діють на живі організми, види середовищ життя й характер пристосування організмів до життя в них;
- вивчити взаємини організмів у популяціях, співтовариствах, екосистемах;
- вивчити рух речовини й енергії в біосфері;
- розглянути місце людини в біосфері;
- познайомитися із прикладними аспектами екології.

У результаті вивчення дисципліни студент повинен *знати:*

- основні закономірності взаємодії «організм-середовище» і основні властивості, закони і принципи функціонування екологічних систем різного рівня (від організму до біосфери);

*вміти:*

- добре орієнтуватися в новітніх наукових даних про межі стійкості окремих екосистем і біосфери в цілому, а також про глобальні екологічні зміни;
- про роль й наслідки антропогенного впливу на живу природу й навколишнє середовище людини.

*Критерії успішності:* отримання позитивної оцінки при захисті індивідуального завдання та складанні заліку, а засобом діагностики успішності навчання є комплект завдань щодо складання заліку.

Набуті знання і вміння використовуються при оцінюванні якості навколишнього середовища, при вивченні інших дисциплін професійної та практичної підготовки, при написанні випускних кваліфікаційних робіт.

## **1.2 Зміст дисципліни**

### ***Тема 1. Предмет, завдання й методи сучасної екології. Коротка історія її формування. Науково-технічний прогрес та забруднення навколишнього середовища***

Екологія як наука, що пізнає біосферу, і як світогляд співіснування людини з природою. Причина розвитку екологічних проблем людства. Розвиток глобальної екологічної кризи. Причини і складові екологічної кризи.

Тенденції зміни якості та масштаби забруднення навколишнього середовища. Вплив металургійних підприємств на навколишнє середовище.

## ***Тема 2. Вчення про біосферу***

Внесок В.В. Докучаєва та В.І. Вернадського в розвиток вчення про біосферу. Основні етапи розвитку біосфери. Теорії появи життя на Землі. Склад біосфери. Склад живої речовини: продуценти, консументи, редуценти. Функції живої речовини та їх значення. Хімічний склад біосфери. Макроелементи, мікроелементи, ультрамікроелементи. Класифікація хімічних елементів щодо їх ролі в біосфері.

## ***Тема 3. Основні поняття та закони екології***

Екологічна система. Класифікація та принципи функціонування екологічних систем. Біогеоценоз. Біоценоз, біотоп, біологічний вид, популяція. Природне середовище та його види. Гомеостаз. Гомеостатичне плато. Механізми підтримки рівноваги в біосфері. Екологічні фактори та їх класифікація. Лімітуючий фактор. Закон Лібіха. Екологічна валентність. Еврібіонти та стенобіонти. Закон толерантності. Трофічні ланцюги та сітки. Закон Ліндемана. Сукцесія та її види. Закони біогенної міграції атомів, внутрішньої динамічної рівноваги, генетичного різноманіття, константності та інші.

## ***Тема 4. Кругообіг речовин в біосфері. Вплив антропогенного фактору на кругообіг. Біохімічні цикли біогенних елементів***

Кругообіг речовини як механізм підтримки гомеостазу в біосфері. Великий (геологічний) кругообіг. Малий (біологічний) кругообіг. Біохімічні цикли біогенних елементів. Антропогенний вплив на біохімічні цикли елементів.

***Тема 5. Класифікація видів забруднення навколишнього середовища.  
Принципи нормування шкідливих речовин у навколишньому середовищі***

Класифікація видів забруднення навколишнього середовища за різноманітними критеріями. Показники, які використовують для нормування забруднення навколишнього середовища. Критерії встановлення ГДК шкідливих речовин в атмосфері, водоймах, ґрунті. Види сукупної дії суміші шкідливих речовин. Класифікація шкідливих речовин за ступенем небезпеки, токсичною дією.

***Тема 6. Атмосфера. Її склад, будова та захисні функції***

Склад атмосфери. Будова атмосфери. Функції захисних оболонок атмосфери та їх значення для біосфери. Характеристика основних шкідливих речовин, які забруднюють атмосферу. Атмосферні явища, які мають глобальний вплив на біосферу: парниковий ефект, кислотні опади, смог. Причини виникнення. Наслідки.

***Тема 7. Заходи боротьби з забрудненням атмосфери***

Типи газоочищувальних установок, які використовуються у металургійних виробництвах: сухі пиловловлювачі, форсуночні скрубери, скрубери Вентурі, рідинно-плівкові пиловловлювачі, електрофільтри. Адсорбційні, абсорбційні та іонообмінні методи очищення викидів в атмосферу від хімічних домішок. Термічне та термокаталітичне очищення.

***Тема 8. Охорона гідросфери від забруднень***

Властивості води та їх значення для біосфери. Водні ресурси світу та України. Водовикористання та водоспоживання. Класифікація стічних вод за джерелом утворення. Забруднення води металургійними підприємствами. Методи очищення стічних вод.

## **Тема 9. Стратегія виживання людства**

Зміни в світогляді людства у кінці 60-х років. Праці Римського клубу. Україна на шляху сталого розвитку. Збалансоване використання й відновлення природних ресурсів. Екологічна конверсія антропогенної діяльності.

### **1.3 Практичні заняття**

1. Розрахунки за темою «Трофічні ланцюги. Екологічна піраміда. Закон Ліндемана».
2. Розрахунки за темою «Принципи нормування шкідливих речовин у навколишньому середовищі».
3. Розрахунки за темою «Заходи боротьби з забрудненням атмосфери».
4. Розрахунки за темою «Охорона гідросфери від забруднень».

## **2 ТЕОРЕТИЧНІ ПИТАННЯ ДЛЯ ПІДГОТОВКИ ДО ЗАЛІКУ**

1. Історія розвитку екології як науки.
2. Сутність екології як науки.
3. Екологія як світогляд.
4. Глобальні екологічні проблеми людства.
5. Основні положення вчення В.І. Вернадського про біосферу.
6. Межі біосфери.
7. Основні етапи розвитку біосфери.
8. Склад біосфери.
9. Функції живої речовини.
10. Склад живої речовини.
11. Макроелементи, мікроелементи, ультрамікроелементи.
12. Класифікація хімічних елементів щодо їх ролі в біосфері.
13. Екологічна система. Класифікація та принципи функціонування екологічних систем.
14. Біоценоз, біотоп, біологічний вид, популяція.
15. Схема біогеоценозу.
16. Природне середовище та його види.
17. Гомеостаз. Гомеостатичне плато.

18. Механізми підтримки рівноваги в біосфері.
19. Лімітуючий фактор. Закон Лібіха.
20. Екологічна валентність. Еврибіонти та стенобіонти.
21. Екологічні фактори та їх класифікація.
22. Закон толерантності.
23. Трофічні ланцюги та сітки. Закон Ліндемана.
24. Сукцесія та її види.
25. Великий (геологічний) кругообіг. Його схема.
26. Малий (біологічний) кругообіг. Його схема.
27. Біохімічний цикл вуглецю. Вплив антропогенного фактору.
28. Біохімічний цикл фосфору. Вплив антропогенного фактору.
29. Біохімічний цикл азоту. Вплив антропогенного фактору.
30. Біохімічний цикл сірки. Вплив антропогенного фактору.
31. Класифікація видів забруднення навколишнього середовища.
32. Показники, які використовують для нормування забруднення навколишнього середовища.
33. Критерії встановлення ГДК шкідливих речовин в атмосфері.
34. Критерії встановлення ГДК шкідливих речовин в водоймах.
35. Критерії встановлення ГДК шкідливих речовин в ґрунті.
36. Види сукупної дії суміші шкідливих речовин.
37. Класифікація шкідливих речовин за ступенем небезпеки.
38. Класифікація шкідливих речовин за токсичною дією.
39. Фактори, які впливають на токсичність речовин.
40. Склад та будова атмосфери.
41. Характеристика СО та СО<sub>2</sub> як забруднювачів атмосфери.
42. Парниковий ефект. Причини виникнення. Можливі наслідки.
43. Кислотні опади. Їх наслідки.
44. Окисли азоту як забруднювачі атмосфери.
45. Руйнування озонового шару. Причини. Наслідки.
46. Смог. Його види. Схема утворення.
47. Класифікація газоочищувальних апаратів.
48. Сухі пиловловлювачі.
49. Форсуночні скрубери.
50. Рідинно-плівкові пиловловлювачі.
51. Електрофільтри.



52. Абсорбційні методи очищення газових викидів.
53. Адсорбційні методи очищення газових викидів.
54. Іонообмінні методи очищення газових викидів.
55. Термічне та термокаталітичне очищення викидів.
56. Властивості води. Її значення для біосфери.
57. Водовикористання та водоспоживання.
58. Класифікація стічних вод за джерелом утворення.
59. Механічні методи очищення стоків.
60. Фізико-хімічні методи очищення стоків.
61. Хімічні методи очищення стоків.
62. Електрохімічні методи очищення стоків.
63. Біохімічні методи очищення стоків.
64. Зміни в світогляді людства у кінці 60-х років.
65. Праці Римського клубу.
66. Україна на шляху сталого розвитку.

### **3 МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ЗАВДАННЯ**

#### **3.1 Загальні вимоги**

Індивідуальне завдання студент виконує відповідно до свого варіанта. Варіант індивідуального завдання вибирають за останніми двома цифрами залікової книжки, які визначають учбовий шифр студента.

До складу індивідуального завдання входить: титульний аркуш, зміст, теоретична частина, яка складається з чотирьох теоретичних питань з різних розділів дисципліни, розрахункова частина, що включає розв'язання двох задач, перелік використаних джерел. На титульному аркуші обов'язково вказують варіант; у разі його відсутності індивідуальне завдання повертається студенту без перевірки.

Індивідуальне завдання виконують у надрукованому вигляді на аркушах формату А4, шрифт – Times New Roman, розмір 12 або 14, інтервал 1,15 або 1,5, абзац 1,25. Обсяг відповіді залежить від питання. Відповіді повинні бути чіткими, повними, з посиланням на літературні джерела, пояснюватися рисунками, схемами, формулами, хімічними реакціями. Нумерація рисунків та

формул здійснюється згідно з номером питання та порядковим номером рисунка чи формули. Наприклад, Рисунок 1.5 – п'ятий рисунок у відповіді на перше питання; формула (4.1) – перша формула у відповіді на четверте питання. В кінці індивідуального завдання, після переліку використаної літератури, слід поставити дату виконання та підпис.

### **3.2 Варіанти індивідуального завдання (теоретична частина)**

#### **1 варіант**

1. Ґрунт. Характеристики ґрунту.
2. Приклади сучасного глобального моделювання в екології.
3. Класифікація стічних вод за джерелами утворення.
4. За добу людина споживає 500 л кисню. На кожну людину нині припадає одна свійська тварина, яка споживає кисню в 5 разів більше. На скількох людей і свійських тварин вистачить повітря в атмосфері, якщо не брати до уваги інші живі організми?

#### **2 варіант**

1. Роль фотосинтезу у розвитку біосфери.
2. Концепція сталого розвитку біосфери.
3. Фактори ґрунтоутворення.
4. Яка маса  $\text{CO}_2$  перетворюється зеленими рослинами, якщо на один моль поглиненого вуглецю витрачається 477,7 кДж енергії?

#### **3 варіант**

1. Суть перетворення енергії в екологічних системах.
2. Ерозія ґрунту. Її види. Наслідки.
3. Простір для життя як природний ресурс.
4. Яка ділянка лісу потрібна, щоб переробити за допомогою фотосинтезу весь  $\text{CO}_2$ , який видихає населення України; населення всієї планети?

#### **4 варіант**

1. Види розмноження у рослин.
2. Пестициди. Головні представники. Наслідки застосування пестицидів для біосфери.

3. Проблема сировинних ресурсів та шляхи її вирішення.
4. За допомогою правила екологічної піраміди та закону константності речовин зробить розрахунки, скільки людей може прогодувати біосфера, якщо середня маса людини дорівнює 60 кг.

### **5 варіант**

1. Єдність та відмінність між природною, антропогенною та штучною екосистемами.
2. Автомобільний транспорт – один з головних джерел забруднення повітря міст.
3. Суть трофічного ланцюга та його значення для функціонування екосистеми.
4. За допомогою рівняння реакції фотосинтезу виконайте розрахунок споживаної сонячної енергії 1 га пшеничного лану, якщо його загальна біомаса становить 100 т.

### **6 варіант**

1. Біогеоценоз. Біотоп. Біоценоз. Вид. Популяція.
2. Саморегулювання в біосфері. Приклади.
3. Забруднення біосфери різномірним випромінюванням. Наслідки.
4. Екологи вважають, що в північних районах ліс можна рубати і вивозити тільки взимку по глибокому снігу. Чому?

### **7 варіант**

1. Хвороби людей, які викликані забрудненням питної води.
2. Клімат – як природний ресурс.
3. Розкрийте суть правила взаємодії факторів та правила конкурентної боротьби.
4. Чи правильні твердження: за останні 10 тис. років людиною на планеті знищено 2/3 лісів; нині площа вирубок істотно перевищує площу посадок дерев; вирублені ділянки вологих тропічних лісів досить швидко відновлюються в колишньому складі; опустелювання не може відбуватися в результаті вирубки лісів; найбільше число пожеж відбувається з природних причин. Поясніть відповідь.

### **8 варіант**

1. Радіаційний баланс термодинамічної системи «земна поверхня-атмосфера».
2. Глобальні кліматичні зміни.
3. Водний баланс біосфери.
4. Чи правильні твердження: біологічні заходи боротьби найбільш неефективні, діють недовго; найбільш ефективна охорона рідкісних рослин в парках і курортних зонах; занесення виду до Червоної книги – це сигнал про небезпеку, що загрожує його існуванню; рослинність, в тому числі ліси, – це невідновні природні ресурси; економічний збиток, принесений лісам пожежами, перевищує втрати від шкідників і хвороби. Поясніть відповідь.

### **9 варіант**

1. Біохімічні методи очищення стічних вод.
2. Атмосферне повітря як ресурс.
3. Екологічна діяльність організацій в системі ООН.
4. Оберіть тварину, яка знаходиться в Червоній книзі: лісова куниця; звичайний їжак; соболь; амурський тигр; заєць-русак.

### **10 варіант**

1. Електрохімічні методи очищення стічних вод.
2. Показники, які використовують для нормування шкідливих речовин в навколишньому середовищі.
3. Вода як природний ресурс.
4. У заповідниках заборонено: досліджувати тварин; збирати гриби; колекціонувати комах для наукових цілей; відловлювати тварин для їх кільцювання. Поясніть відповідь.

### **11 варіант**

1. Хімічні методи очищення стічних вод.
2. Охарактеризуйте екологічний стан України.
3. Основні етапи еволюції біосфери.
4. Оберіть зі списку назви тварин, які були на межі знищення, а потім врятовані людиною і знову набули промислове значення: кабан; лось;

зубр; соболю; річковий європейський бобр; кам'яна куниця; кінь Пржевальського; горностай.

### **12 варіант**

1. Фізико-хімічні методи очищення стічних вод.
2. Поняття про гранично-допустимий викид, гранично-допустимий скид, гранично-допустиме екологічне навантаження, максимально-допустимий рівень, санітарно-захисну зону.
3. Структурний склад екології як науки.
4. На якій з перерахованих територій повністю виключена господарська діяльність: заказник; заповідник; національний парк; санітарно-курортна зона. Відповідь поясніть.

### **13 варіант**

1. Механічні методи очистки стічних вод.
2. Піраміди мас, чисел та енергії.
3. Екологічні проблеми сучасності.
4. Чи правильні твердження: тварини мають тільки позитивне значення для людини; в природі не буває шкідливих або корисних тварин, кожна з них по-своєму важлива для природи; людина винна у загибелі багатьох видів тварин. Поясніть відповідь.

### **14 варіант**

1. Критерії встановлення гранично допустимих концентрацій шкідливих речовин у водоймах. Категорії водойм.
2. Ґрунт. Типи ґрунту. Структура, склад та властивості.
3. Фотоперіодизм. Сума ефективних температур.
4. Чи правильні твердження: під впливом людини багато видів змінили свої ареали; для збереження рідкісних і зникаючих видів організовують заповідники й заказники; реакліматизація виду – це його переселення в будь-який район, придатний для життя; закон про полювання забороняє полювання на рідкісні види. Поясніть відповідь.

### **15 варіант**

1. Взаємозв'язки між особинами двох видів у біоценозі.
2. Вода як середовище існування живих організмів.
3. Запилення атмосфери. Зміни альбедо.
4. Назвіть приклади, коли акліматизація людиною видів на нових територіях призвела до плачевних результатів.

### **16 варіант**

1. Вертикальна структура, ярусність біоценозу.
2. Види сукупної дії сумішей шкідливих речовин. Приклади.
3. Класифікація домішок у стічних водах за класифікацією Л.А. Кульського. Вибір методів очищення стоків із застосуванням цієї класифікації.
4. Поясніть, який з перерахованих способів збільшення чисельності промислових тварин є найбільш ефективним і чому: впровадження законів, що обмежують промисел; штучне розведення; поліпшення умов місцепроживання і ємності середовища.

### **17 варіант**

1. Сутність ноосфери. Її ознаки. Шляхи побудування ноосферного суспільства.
2. Види систем водопостачання в промисловості.
3. Поведінка забруднень у літосфері та вплив їх на здоров'я людини.
4. Серед перелічених тварин є види зниклі за виною людини, види, що знаходяться на межі зникнення і види врятовані людиною від вимирання: сайгак, дронг, кулан, кінь Пржевальського, тарпан, бізон, зубр, морська корова, білий ведмідь, індійський носоріг, лось, синій кит, кашалот, калан, джейран, тур, мандрівний голуб, бобер, соболь, слонова черепаха, зебра-квагга, хохуля, видра, казарка червоновола, журавель-стерх, гепард, дрохва, моа (гігантський страус). Розподіліть зазначені види на три частини.

### **18 варіант**

1. Хімічний склад біосфери. Класифікація елементів за їх роллю в біосфері.
2. Фактори, які впливають на можливість отруєння шкідливими речовинами.

3. Водопостачання та водоспоживання. Водні ресурси України.
4. У Червоній книзі знаходиться: волошка синя; конвалія травнева; венерин черевичок; ромашка лікарська; звіробій продірявлений.

### **19 варіант**

1. Біохімічний цикл кисню. Схема та опис. Реакції, характерні для циклу.
2. Екологічний менеджмент та екологічний аудит.
3. Розкрийте зміст «сумаційного» ефекту в разі комплексного впливу екологічних факторів.
4. Поясніть, чому навесні в лісі сніг тоне довше, ніж на полі? Яке це має значення для рослин, для гідрорежиму полів, лісів, річок?

### **20 варіант**

1. Поняття про екологічну систему. Принципи функціонування екологічних систем. Класифікація за розмірами.
2. Ознаки «екологічно безпечної» продукції.
3. Термічне та термokatалітичне очищення викидів в атмосферу.
4. Сель – небезпечне природне явище, що являє собою бурхливий грязьовий потік в горах, викликаний сніготаненням або зливовими дощами. Селеві потоки несуть із собою безліч каменів і валунів великих розмірів і можуть приводити до величезних руйнувань з людськими жертвами. Чому селі практично відсутні в місцях, де чисельність населення низька? Чому в місцях, де в горах рубують ліс і (або) випасають свійських тварин, ймовірність виникнення селів дуже висока?

### **21 варіант**

1. Забруднення та їх класифікація.
2. Організм як дискретна самовідтворювана структура, пов'язана обміном речовин з навколишнім середовищем. Здатність до зростання і розмноження.
3. Критерії якості та гранично допустимі концентрації шкідливих речовин в харчових продуктах.
4. Поясніть, чому на річках, уздовж яких вирубаний ліс, рівень води непостійний: якщо випадає мало опадів – рівень значно знижується, якщо

пройшов дощ – можливий вихід води з берегів, затоплення населених пунктів, полів і ін. Чому на лісових річках повені трапляються рідко?

### **22 варіант**

1. Поняття про екологічний моніторинг і якість природного середовища.
2. Адсорбційний метод очищення викидів в атмосферу.
3. Екологічні проблеми космосу.
4. Поясніть, чому в степових умовах рекомендується безвідвальна оранка землі?

### **23 варіант**

1. Поняття про гомеостаз. Гомеостатичне плато. Механізми підтримання гомеостазу в біосфері.
2. Поняття про кислотні опади. Причини виникнення. Основні реакції. Наслідки.
3. Абсорбція як метод очищення газових викидів металургійних виробництв від хімічних домішок.
4. Розташуйте названі види дерев у порядку зростання кількості насіння, яке утворюється ними за рік: дуб черешчатий, береза повисла, кокосова пальма. Як змінюється в збудованому вами ряду дерев розмір насіння (плодів)?

### **24 варіант**

1. Класифікація екологічних чинників. Приклади.
2. Електрофільтри. Їх види. Принцип дії. Схеми.
3. Поняття про смог. Причини виникнення. Реакції в атмосферному повітрі. Наслідки.
4. Розташуйте названі види тварин в порядку збільшення їх плодючості: шимпанзе, свиня, звичайна щука, озерна жаба. Поясніть, чому самки одних видів приносять за один раз 1-2 дитинчати, а інших – кілька сотень тисяч.



### 25 варіант

1. Зони оптимума та песімуму дії екологічного чинника. Поняття про лімітуючий чинник. Закон Лібіха (лімітуючого чинника).
2. Великий геологічний та малий біотичний круговороти речовин. Різниця між ними. Схема геологічного круговороту.
3. Рідинно-плівочні пиловловлювачі. Принцип дії. Схеми.
4. На території, що оточує дорослу ялину, яка плодоносить, кількість сходів маленьких ялинок може досягати 700-900 штук на 10 м<sup>2</sup>. Через двадцять років на цій площі залишаться 2-3 молоді ялинки. Чому велика частина ялиночок загине? Поясніть біологічне значення подібного явища.

### 26 варіант

1. Поняття про екологічну валентність. Класифікація живих істот за екологічною валентністю.
2. Малий біологічний круговорот. Його схема. Біохімічний цикл елемента.
3. Форсуночні скрубери. Принцип їх дії. Схеми.
4. Бактерії здатні дуже швидко розмножуватися. Кожні півгодини шляхом ділення з однієї клітини утворюються дві. Якщо одну бактерію помістити в ідеальні умови з великою кількістю їжі, то за добу її потомство має скласти  $2^{48} = 281\,474\,976\,710\,656$  клітин. Така кількість бактерій заповнить 0,25-літровий стакан. Який час повинен пройти, щоб бактерії зайняли обсяг 0,5 л?

### 27 варіант

1. Поняття про трофічний ланцюг та трофічну сітку. Ланцюги пасовиськ. Приклади. Детритні ланцюги. Приклади.
2. Біохімічний цикл вуглецю. Схема та опис. Реакції, характерні для циклу.
3. Сухі механічні пиловловлювачі. Принцип дії. Схеми.
4. Побудуйте графік зростання чисельності будинкових мишей протягом 8 місяців в одній коморі. Вихідна чисельність становила дві особини (самець і самка). Відомо, що в сприятливих умовах пара мишей приносить 6 мишенят кожні 2 місяці. Через два місяці після народження мишенята стають статевозрілими і самі приступають до розмноження. Співвідношення самців і самок у потомстві 1:1.

## 28 варіант

1. Показники ефективності трофічних ланцюгів. Приклади розрахунку.
2. Біохімічний цикл сірки. Схема та опис. Реакції, характерні для циклу.
3. Сухі фільтруючі пиловловлювачі. Схема. Принцип дії.
4. Прочитайте наведені нижче описи особливостей розмноження деяких видів риб приблизно однакового розміру. На основі цих даних зробіть висновок про плодючість кожного виду і зіставте назви видів з кількістю ікринок, які відкладаються рибами : 10000000, 500000, 3000, 300, 20, 10. Чому в збудованому вами ряду видів риб спостерігається падіння плодючості?

Далекосхідний лосось – кета відкладає щодо велику ікру в спеціально вириту ямку на дні річки і засипає її галькою. Запліднення у цих риб зовнішнє.

Тріска відкладає дрібну, плаваючу в товщі води, ікру. Така ікра називається пелагічною. Запліднення у тріски зовнішнє.

Африканські тилапії (з окунеподібних) збирають відкладену і запліднену ікру в ротову порожнину, в якій виношують її до вилуплення молоді. Риби в цей час не харчуються. Запліднення у тилапії зовнішнє.

У дрібних котячих акул запліднення внутрішнє, вони відкладають великі яйця, покриті роговою капсулою і багаті жовтком. Акули маскують їх в затишних місцях і якийсь час охороняють.

У катранів, або колючих акул, які живуть в Чорному морі, також внутрішнє запліднення, але їх зародки розвиваються не в воді, а в статевих шляхах самок. Розвиток відбувається за рахунок поживних запасів яйця. У катранів народжуються зрілі, здатні до самостійного життя дитинчата.

Звичайна щука відкладає дрібну ікру на водні рослини. Запліднення у щук зовнішнє.

## 29 варіант

1. Поняття про сукцесію біогеоценозу. Класифікація сукцесій. Приклади.
2. Біохімічний цикл фосфору. Схема та опис. Реакції, характерні для циклу.
3. Класифікація апаратів, які використовуються для очищення викидів металургійних підприємств в атмосферне повітря за методами очистки.

4. Чому людина з птахів, переважно, розводить лише представників загону курообразних і гусеобразних? Відомо, що за якістю м'яса, швидкістю росту, розмірами, ступенем звикання до людини їм не поступаються ні дрозди, ні стрепети, ні кулики, ні голуби.

### **30 варіант**

1. Вплив розвитку світової екологічної кризи на зміни в світогляді людства в 60-і роки 20 сторіччя.
2. Атмосфера. Характеристика шарів, які входять до складу внутрішньої частини атмосфери. Їх значення для біосфери.
3. Поняття про біогеоценоз. Схема біогеоценозу. Різниця між біогеоценозом та екологічною системою.
4. Якщо будь-який вид здатний до безмежного росту чисельності, чому ж існують рідкісні види й ті, що знаходяться під загрозою зникнення ?

### **31 варіант**

1. Тропосфера та тропопауза. Їх характеристика. Значення для біосфери.
2. Механізми позитивного та негативного зворотного зв'язку. Його дія та значення для біосфери.
3. Найбільш поширені схеми та методи очищення промивних вод гальванічних виробництв.
4. Розподіліть перераховані фактори середовища за трьома категоріями – абіотичні, біотичні і антропогенні: хижацтво, вирубування лісів, вологість повітря, температура повітря, паразитизм, світло, будівництво споруд, тиск повітря, конкуренція, викид вуглекислого газу підприємством, солоність води.

### **32 варіант**

1. Методи переробки відпрацьованих травильних розчинів.
2. Стратосфера, стратопауза, мезосфера. Їх характеристика. Значення для біосфери.
3. Переживання організмами несприятливих умов у спочиваючому стані. Обмінні процеси, що зв'язують організми із середовищем.

4. Виберіть фактор, який можна вважати обмежуючим у пропонованих умовах. Для рослин в океані на глибині 6000 м: вода, температура, вуглекислий газ, солоність води, світло. Поясніть відповідь.

### **33 варіант**

1. Біохімічний цикл азоту. Схема та опис. Реакції, характерні для циклу.
2. Найбільш поширені методи та схеми очищення стоків доменної газоочистки.
3. Іоносфера, протоносфера, магнітосфера. Їх характеристика. Значення для біосфери.
4. Виберіть фактор, який можна вважати обмежуючим у пропонованих умовах. Для рослин в пустелі влітку: температура, світло, вода. Поясніть відповідь.

### **34 варіант**

1. Характеристика антропогенного впливу на біохімічний цикл азоту.
2. Найбільш поширені методи та схеми очищення стоків виробництва гарячого прокату.
3. Властивості оксиду вуглецю. Джерела надходження його в атмосферне повітря. Вплив оксиду вуглецю на людину та довкілля.
4. Виберіть фактор, який можна вважати обмежуючим у пропонованих умовах. Для шпака взимку в лісі: температура, їжа, кисень, вологість повітря, світло. Поясніть відповідь.

### **35 варіант**

1. Характеристика антропогенного впливу на біохімічний цикл сірки.
2. Найбільш поширені методи та схеми очищення фенольних стоків коксохімічного виробництва.
3. Властивості діоксиду вуглецю. Джерела надходження його в атмосферне повітря. Вплив діоксиду вуглецю на людину та довкілля.
4. Виберіть фактор, який можна вважати обмежуючим у пропонованих умовах. Для річкової щуки в Чорному морі: температура, світло, їжа, солоність води, кисень. Поясніть відповідь.

### **36 варіант**

1. Характеристика антропогенного впливу на біохімічний цикл фосфору.
2. Найбільш поширені методи та схеми очищення стоків агломераційної фабрики.
3. Парниковий ефект. Причини виникнення. Парникові гази. Джерела надходження в атмосферу. Можливі наслідки парникового ефекту для біосфери.
4. Виберіть фактор, який можна вважати обмежуючим у пропонованих умовах. Для кабана взимку в північній тайзі: температура, світло, кисень, вологість повітря, висота сніжного покриву.

### **37 варіант**

1. Характеристика антропогенного впливу на біохімічний цикл вуглецю.
2. Динамічні характеристики популяції: швидкість росту чисельності, народжуваність, смертність, інтенсивність імміграції та еміграції.
3. Властивості оксидів сірки. Джерела надходження їх в атмосферне повітря. Вплив оксидів сірки на людину та довкілля.
4. З перерахованих речовин з найбільшою ймовірністю буде лімітувати зростання пшениці на полі: вуглекислий газ, кисень, гелій, іони калію, газоподібний азот. Поясніть відповідь.

### **38 варіант**

1. Динаміка популяції як баланс процесів, які в ній протікають.
2. Глобальна система гідрологічного циклу. Відмінності між окремими зонами за кількістю опадів і регулярністю їх випадання.
3. Характеристика головних шляхів виходу з глобальної екологічної кризи.
4. Три основних способи пристосування організмів до несприятливих умов середовища: підпорядкування, опір і уникнення цих умов. До якого способу можна віднести: осінні перельоти птахів з північних місць гніздування в південні райони зимівлі; зимову сплячку бурих ведмедів; активне життя полярних сов взимку при температурі мінус 40 °С; перехід бактерій в стан спор при зниженні температури; нагрівання тіла верблюда вдень з 37 °С до 41 °С і остигання його до ранку до 35 °С; переживання кактусами в пустелі спеки в 80 °С; переживання рябчиками сильних морозів в товщі снігу?

### **39 варіант**

1. Поняття про лімітуючий фактор. Закон Лібіха. Закон Шелфорда. Приклади їх дії в біосфері.
2. Властивості оксидів азоту. Джерела надходження їх в атмосферне повітря. Вплив оксидів азоту на людину та довкілля.
3. Характеристика екосистеми – тропічна саванна.
4. Чим відрізняються теплокровні (гомойотермні) організми від холоднокровних (пойкілотермних)? Поясніть відповідь.

### **40 варіант**

1. Взаємини «хижак-жертва» в природі. Ефективність регуляції хижаками популяцій жертв залежно від їх щільності.
2. «Руйнування» озонового шару. Причини. Механізм. Наслідки.
3. Поняття про токсичність речовини. Класифікація речовин за токсичністю.
4. Які з перерахованих організмів відносяться до гомойотермних: окунь річковий, жаба озерна, дельфін-білобочка, гідра прісноводна, сосна звичайна, ластівка міська, інфузорія-туфелька, конюшина червона, бджола медоносна, гриб підберезник? Поясніть відповідь.

### **41 варіант**

1. Фотосинтез. Основні реакції. Значення для біосфери.
2. Взаємозв'язок хімічної будови та складу неорганічних і органічних речовин з їх токсичністю.
3. Вплив температури на організми. Залежність інтенсивності обміну і швидкості розвитку від температури. Температурні адаптації рослин і тварин.
4. Температура тіла псця залишається постійною ( $38,6^{\circ}\text{C}$ ) при коливаннях температури навколишнього середовища в діапазоні від  $-80^{\circ}\text{C}$  до  $+50^{\circ}\text{C}$ . Перерахуйте пристосування, які допомагають псцеві утримувати постійну температуру тіла.

### **42 варіант**

1. Ендотермні та екзотермні організми. Гетеротермні організми. Правило «суми температур».
2. Репродуктивна структура популяції.

3. Характеристика дії географічної теплової машини – «екватор-полюс».
4. Чи можна бактерій, що постійно живуть в гарячих джерелах гейзерів при температурі 70 °С і не здатних вижити, якщо температура їх клітин зміниться всього на кілька градусів, назвати теплокровними організмами?

#### **43 варіант**

1. Механізми саморегулювання вмісту вуглецю в атмосферному повітрі.
2. Різні типи вікової структури популяцій та їх зв'язок з динамікою чисельності.
3. Характеристика дії географічної теплової машини – «океан-суша».
4. Клести будують гнізда і виводять пташенят взимку (в лютому). Це відбувається тому, що: у клестів є особливі пристосування, що допомагають переносити низькі температури; в цей час багато корму, яким харчуються дорослі птахи і пташенята; їм необхідно встигнути вивести пташенят до прильоту основних конкурентів – птахів з південних районів.

#### **44 варіант**

1. Представники біоредукторів – бактерії та гриби.
2. Озеро як екосистема. Температурний режим озер. Стратифікація водної товщі. Оліготрофні, мезотрофні, евтрофні озера.
3. Характеристика дії географічної теплової машини – «система течій Світового океану».
4. Які птахи кілька десятиріч тому із середніх і північних широт відлітали восени на південь, а зараз живуть цілий рік у великих містах. Поясніть, з чим це пов'язано.

#### **45 варіант**

1. Кругообіг води в біосфері. Рівняння водного балансу біосфери.
2. Характеристика екологічної системи – «тундра».
3. Роль бактерій-азотофіксаторів та нітрифікуючих бактерій в біохімічному циклі азоту.
4. Чому в холодних частинах ареалу можна зустріти темнокольорових рептилій частіше, ніж в теплих? Наприклад, гадюки, що мешкають за

полярним колом, переважно, меланісті (чорні), а на півдні – світлокольорові.

#### **46 варіант**

1. Біогенне "навантаження" і евтрофікація в озері. Заходи запобігання евтрофування озера.
2. Характеристика екологічної системи – «пустеля».
3. Приклади дії механізму позитивного зворотного зв'язку в біосфері.
4. При похолоданні влітку стрижі кидають свої гнізда і переміщуються на південь, іноді на сотні кілометрів. Пташенята впадають в заціпеніння і здатні в такому стані, без їжі, перебувати кілька днів. При потеплінні батьки повертаються. Поясніть, чим викликані такі переміщення.

#### **47 варіант**

1. Біоредукенти Світового океану.
2. Характеристика екологічної системи – «степ».
3. Ноосфера. Шляхи керування природними екосистемами.
4. Чому птахи та ссавці легше переносять низьку зовнішню температуру, ніж високу? Поясніть відповідь.

#### **48 варіант**

1. Поняття про моніторинг довкілля. Класифікація систем моніторингу. Програми глобальної системи моніторингу навколишнього середовища.
2. Характеристика екологічної системи – «саванна».
3. Роль мікрофлори і детрітофагів в розкладанні органічних речовин.
4. Поясніть, чому на поверхні водойм живуть рослини переважно зеленого забарвлення, а на великих морських глибинах – червоного.

#### **49 варіант**

1. Хемосинтез. Основні реакції. Значення для біосфери.
2. Характеристика екологічної системи – «тайга».
3. Поняття про паразитів. Мікро- та макропаразити.
4. Тварини, які рухаються найшвидше за всіх інших живуть у середовищі: наземно-повітряному, підземному (грунт), водному, в живих організмах.



### **50 варіант**

1. Характеристика абіотичних факторів навколишнього середовища.
2. Характеристика екологічної системи – «діброва».
3. Шляхи передачі паразитів. Коефіцієнт відтворення паразитів.
4. Назвіть найбільшу тварину, яка коли-небудь існувала (й існує нині) на Землі. В якому середовищі вона живе? Чому в інших середовищах проживання виникнути й існувати такі великі тварини не можуть?

### **51 варіант**

1. Характеристика світла як абіотичного фактору. Адаптації живих істот до різних світлових режимів.
2. Характеристика екологічної системи – «березняк».
3. Компромісне витрачання ресурсів в ході життєвого циклу організму.
4. Вчені-іхтіологи стикаються з серйозними проблемами при збереженні глибоководних риб для музеїв. Підняті на палубу корабля, вони в буквальному сенсі слова вибухають. Поясніть, чому це відбувається.

### **52 варіант**

1. Температурні адаптації рослин.
2. Штучне зрошення пустель і його наслідки. Засолення ґрунтів. Розширення області, зайнятої пустелями, в результаті діяльності людини.
3. Масштаби та наслідки забруднення атмосферного повітря в Україні.
4. Поясніть, чому глибоководні риби мають або редуковані, або гіпертрофовані (збільшені) очі.

### **53 варіант**

1. Температурні адаптації тварин.
2. «Зелена революція». Виробництво їжі як біосферний процес.
3. Багатовимірна модель екологічної ніші. Взаємодія факторів.
4. Заповніть пропуски, вибираючи одне слово з пари в дужках.

Багатоклітинним паразитам, що мешкають в органах і тканинах людини, ... (загрожує, не загрожує) висихання; в місці їх існування коливання температури, солоності, тиску ... (сильні, слабкі); середа, в якій вони мешкають, для них хімічно ... (агресивна, не агресивна); вони ... (мають, не мають) захисні покриви; вони ... (мають, не мають) органи, пов'язані з

пошуком їжі; вони ... (мають, не мають) слух; вони ... (мають, не мають) органи зору; кількість продукованих ними яєць ... (велика, мала).

#### **54 варіант**

1. Вологість як екологічний фактор. Пристосування рослин до різної вологості середовища.
2. Характеристика екологічної системи – «тропічний ліс».
3. Причини, що призводять до певного типу розміщення у просторі популяцій. Розселення та зниження локальної щільності популяцій.
4. У яких середовищах проживання тварини мають найбільш просту будову органу слуху (порівнювати необхідно близькоспоріднені групи тварин)? Чому? Доводить це, що в цих середовищах тварини погано чують?

#### **55 варіант**

1. Характеристика екологічної системи – «Чорне море».
2. Характеристика едафічних абіотичних факторів середовища.
3. Роль різноманітних рослин в очищенні атмосферного повітря.
4. Поясніть, чому ссавці (кити, дельфіни), які постійно мешкають у воді, мають набагато більш потужні теплоізоляційні покриви (підшкірний жир), ніж наземні звірі, що мешкають в суворих і холодних умовах. Для порівняння: температура солоної води не опускається нижче  $-1,3^{\circ}\text{C}$ , а на поверхні суші вона може падати до  $-70^{\circ}\text{C}$ .

#### **56 варіант**

1. Властивості води та їх значення для біосфери.
2. Характеристика екологічної системи – «евтрофне прісноводне озеро».
3. Характеристика біотичних екологічних факторів. Приклади.
4. Навесні багато людей палять пожухлу торічну траву, обґрунтовуючи це тим, що свіжа трава буде рости краще. Екологи, навпаки, стверджують, що це робити не можна. Поясніть чому.

#### **57 варіант**

1. Територіальна поведінка тварин. Співвідношення витрат на охорону території і вигоди, що одержується при цьому.

2. Поняття про біосферу. Основні положення вчення про біосферу В.І. Вернадського.
3. Розповсюдження води у біосфері. Характеристика запасів води в Україні.
4. Поясніть, чому в межах міста захворюваність дерев вища, а тривалість їх життя менша, ніж в довколишній сільській місцевості?

### **58 варіант**

1. Причини, що призводять до певного типу просторового розміщення тварин. Розселення та зниження локальної щільності популяцій.
2. Межі біосфери. Характеристика основних компонентів біосфери за В.І. Вернадським.
3. Коливання «хижак-жертва». Математичні моделі А. Лотки і Розенцвейга-Макартура: їх графічний вираз та інтерпретація.
4. Поясніть, чому у великих містах головні автомобільні магістралі необхідно проектувати паралельно, а не перпендикулярно напрямку основних вітрів?

### **59 варіант**

1. Поняття про популяцію. Характеристики популяцій живих організмів.
2. Етапи розвитку біосфери.
3. Джерела забруднення води нітратами та нітритами. Вплив на біоту.
4. Дайте прогноз стану навколишнього середовища при зниженні концентрації вуглекислого газу в атмосфері.

### **60 варіант**

1. Структура біогеоценозу.
2. Хімічний склад біосфери.
3. Поняття про гранично допустиму концентрацію та гранично допустимий скид шкідливої речовини у водойми.
4. Розрахунки, проведені вченими, говорять про те, що в найближчі 150-180 років кількість атмосферного кисню скоротиться на одну третину в порівнянні з теперішнім часом. Які види людської діяльності сприяють скороченню частки кисню в атмосфері?

### **61 варіант**

1. Хімічні показники якості природних вод.
2. Класифікація хімічних елементів за їх вмістом в живих організмах.
3. Мутуалізм, коменсалізм, нейтралізм. Приклади.
4. Перерахуйте галузі господарства – основні споживачі прісної води.

### **62 варіант**

1. Паразитизм, хижацтво, анабіоз. Приклади.
2. Апарати, які використовують для механічного очищення стічних вод металургійних виробництв.
3. Гетеротрофи. Надходження енергії з їжею і її подальша трансформація.
4. Перерахуйте галузі господарства, які найбільшою мірою забруднюють поверхневі і підземні води.

### **63 варіант**

1. Експоненціальна модель популяційного росту. Сталість питомої швидкості росту чисельності, як необхідна і достатня умова експоненціального зростання.
2. Використання коагуляції та флокуляції для очищення стічних вод металургійних виробництв.
3. Вплив шумового забруднення на екологічні системи.
4. Відомо, що складові речовини нафти у воді, головним чином, нерозчинні і, в порівнянні з іншими забруднювачами, слабо токсичні. Чому ж забруднення вод нафтопродуктами вважається одним з найнебезпечніших?

### **64 варіант**

1. Використання іонного обміну та адсорбції для очищення стічних вод металургійних виробництв.
2. Перетворення фосфору в екосистемах. Проблема лімітування продуктивності водоймищ.
3. Погляди В.І. Вернадського та сучасних вчених на появу життя на Землі.
4. Щорічно внаслідок аварій на нафтопроводах і танкерах, промислових і транспортних викидів, мийки автомашин, суден, цистерн і трюмів танкерів у Світовий океан потрапляє 14 млн. тонн нафти. Один грам

нафти (нафтопродуктів) здатний утворити плівку на площі 10 м<sup>2</sup> водної поверхні. Визначте площу щорічного забруднення світових водойм.

#### **65 варіант**

1. Наземні екосистеми. Особливості їх організації, відмінності від екосистем водних.
2. Характеристика екосистеми – «вологі тропічні і екваторіальні ліси басейнів Амазонки і Оріноко в Південній Америці».
3. Проблема динаміки чисельності популяцій. Логістична модель регуляції росту чисельності.
4. Де накопичуються хімічні речовини, які виносяться з полів після застосування їх в сільському господарстві?

#### **66 варіант**

1. Склад живої речовини біосфери.
2. Види гранично допустимих концентрацій шкідливих речовин в повітрі.
3. Конкуренція. Експлуатація та інтерференція. Співвідношення внутрішньовидової і міжвидової конкуренції.
4. Поясніть, у чому перевага замкнених технологій використання води в порівнянні з будівництвом сучасних досконалих споруд?

#### **67 варіант**

1. Закон генетичного різноманіття. Його значення. Приклади.
2. Функції живої речовини. Значення кожної функції для біосфери.
3. Використання рослин-азотофіксаторів в сільському господарстві.
4. Сплав зрубаних дерев по річках економічно дуже вигідний (не треба будувати дороги, використовувати дорогу техніку і ін.). Поясніть, чому екологи проти такого транспортування, особливо якщо дерева не зв'язуються в плоти, а сплаваються поодиночі?

#### **68 варіант**

1. Закон Ліндемана. Приклади.
2. Критерії нормування шкідливих речовин у ґрунті.
3. Шляхи надходження шкідливих речовин в організм. Поняття про токсичність шкідливих речовин.

4. Куди можна вивозити і вивантажувати (враховуючи економічні та екологічні наслідки) зібраний на дорогах міста сніг? Виберіть правильну відповідь і обґрунтуйте її: на поля; в річку або озеро; в спеціально виритий котлован; в будь-яке місце.

### **69 варіант**

1. Значення азоту як ресурсу, який лімітує первинну продукцію в океані.
2. Життєві цикли. Поліциклічні і моноциклічні організми.
3. Динаміка біомаси популяції. Популяція як сумарний приріст особин. Елімінація біомаси.
4. Поясніть, чому екологи вважають, що збирання брухту та макулатури – це важливий природоохоронний захід.

### **70 варіант**

1. Етапи процесу розкладання і спеціалізація редуцентів.
2. Коралові рифи – унікальні екосистеми високої продуктивності і високого різноманіття. Руйнування коралових рифів в результаті діяльності людини.
3. Популяція в просторі: випадкове, агреговане (плямисте) і регулярне розміщення особин. Виявлення характеру розподілу за допомогою статистичних методів.
4. Як необхідно проводити оранку ґрунту (або формування грядок) на схилі, щоб запобігти ґрунтовій ерозії (виберіть правильну відповідь і обґрунтуйте її): вздовж схилу; поперек схилу; по діагоналі схилу.

### **71 варіант**

1. Закон зменшення енерговіддачі у природокористуванні. Приклади.
2. Бенз(а)пірен. Джерела викидів. Дія на біоту. Гранично допустимі концентрації.
3. Листопадні і хвойні ліси помірної зони. Яскраво виражена сезонність.
4. У степових екосистемах протягом тривалого часу формувалися найродючіші ґрунти: чорноземні і каштанові. У 50-ті роки ХХ ст. в СРСР і в Канаді проводилося освоєння цілинних земель: розорювання степів для вирощування на них пшениці та інших зернових культур. Чому деякі вчені виступали проти оранки степів і використання їх для вирощування

сільськогосподарських культур? До яких наслідків може призвести часта обробка (в першу чергу отвальна оранка) ґрунту в степу?

### **72 варіант**

1. Закон зменшення енерговіддачі у природокористуванні. Наведіть приклади його дії у довкіллі.
2. Сукцесія. Класифікація сукцесій. Приклади.
3. Рекультивація ґрунтів та її види.
4. Скільки гектарів лісу потрібно, щоб очистити атмосферне повітря міста з населенням 3 млн. чоловік і в якому є 250 тис. автомобілів, від забруднень вуглекислим газом? Якщо це буковий ліс, то скільки буде затримано пилу?

### **73 варіант**

1. Ознаки екологічно безпечної продукції.
2. Правова відповідальність за екологічні злочини.
3. Потоки енергії в екологічних системах.
4. Скільки біогазу можна отримати за рік з побутового сміття, що утворилося в місті з населенням 3 млн. чоловік?

### **74 варіант**

1. Раціональне використання зооценозів.
2. Фізико-хімічна суть процесів евтрофікації водойм.
3. Дія електромагнітних полів на біосферу.
4. За допомогою рівняння реакції фотосинтезу зробіть розрахунок споживаної сонячної енергії 1 га пшеничного лану, якщо його загальна біомаса становить 100 т.

### **75 варіант**

1. Характеристика важких металів як забрудників навколишнього середовища.
2. Класифікація забруднень атмосфери.
3. Причини деградації ґрунтів.
4. Людина впродовж свого життя споживає близько 14 т вуглеводів. Скільки картоплі потрібно вирощувати на Землі за умови, що всі люди

харчуватимуться картоплею? Скільки для цього знадобиться орних земель? Середня врожайність картоплі становить 3 т/га за рік.

### **76 варіант**

1. Поняття про екологічний менеджмент.
2. Основні напрямки розвитку безвідходних технологій.
3. Процеси самоочищення водойм. Фактори, які сприяють самоочищенню.
4. За допомогою правила екологічної піраміди та закону константності речовини зробіть розрахунки, скільки людей може прогодувати біосфера, якщо середня маса людини дорівнює 60 кг?

### **77 варіант**

1. Екологічна ніша. Взаємодії екологічних ніш.
2. Шумове забруднення біосфери. Причини. Наслідки.
3. Органолептичні показники питної води.
4. Скільки і яких викидів в атмосферу здійснюється в процесі виробництва 100 млн. т. сталі?

### **78 варіант**

1. Принцип Ле Шательє-Брауна в біосфері.
2. Альтернативні джерела енергії.
3. Екологічна система непроточної водойми.
4. Скільки кисню споживає сім'я з чотирьох чоловік за добу і скільки потрібно дерев для вироблення такої ж кількості кисню?

### **79 варіант**

1. Нормування якості повітря.
2. Теплове забруднення біосфери.
3. Енергетика природних екосистем.
4. Яка маса  $\text{CO}_2$  перетворюється в органічну речовину зелених рослин, якщо на один моль поглиненого вуглецю витрачається 477,7 кДж енергії?



### **80 варіант**

1. Адаптивні типи людини.
2. Закони В.І. Вернадського. Вчення про ноосферу.
3. Способи переробки токсичних відходів.
4. Яка маса  $\text{CO}_2$  перетворюється зеленими рослинами, якщо на один моль поглиненого вуглецю витрачається 477,7 кДж енергії?

### **81 варіант**

1. Кругообіг води в біосфері. Водний баланс.
2. Екологічні проблеми використання геоенергетики.
3. Види адаптації організмів до дії екологічних факторів.
4. 1 га хвойного лісу відфільтровує 35 т пилу на рік, а листяного в 2 рази більше. Скільки гектарів листяного лісу треба посадити, щоб він відфільтрував 700 т пилу в рік?

### **82 варіант**

1. Рух повітряних мас в атмосфері та взаємодія їх з водами Світового океану.
2. Кругообіг фосфору. Вплив антропогенного фактору.
3. Вплив екологічних факторів на організми.
4. Один лісовий рудий мураха знищує 200 дрібних комах в день. Зазвичай у мурашнику проживає 500000 мурах. Визначте, яку кількість комах знищує за літо 1 рудий лісовий мураха? Яку кількість комах знищують за літо лісові руді мурашки одного мурашника?

### **83 варіант**

1. Закон максимуму біогенної енергії.
2. Природне забруднення біосфери.
3. Бактеріологічні показники якості питної води.
4. Комахоїдні птахи вагою 10-30 г (синиця, горобець, лазоревка, вівсянка, зяблик та ін.) з'їдають за день комах до 30% від власної маси. Визначте, скільки комах за одне літо з'їсть синиця масою 20 г? Скільки комах за одне літо з'їсть вівсянка масою 30 г?

### 84 варіант

1. Джерела забруднення ґрунтів.
2. Потоки енергії в екосистемах. Продуктивність екологічних системи.
3. Типи взаємодій між гетеротрофами.
4. У сонячний день 1 га лісу поглинає близько 240 кг вуглекислого газу і виділяє 200 кг кисню. За 1 рік 1га лісу поглинає близько 50 кг пилу, виділяючи фітонциди. За добу 1 га лісу дає 3 кг фітонцидів, а 30 кг фітонцидів достатньо для знищення шкідливих мікроорганізмів у великому місті. За добу 1 людина при звичайних умовах поглинає в середньому 600 г кисню і видихає 750 г вуглекислого газу. Підрахуйте для лісу площею 10 га масу вуглекислого газу, що поглинається, кисню і фітонцидів, що виділяються за добу. Якому числу людей вистачить кисню, який виділяється цим лісом ?

### 85 варіант

1. Гранично допустиме екологічне навантаження на середовище. Індекс якості середовища.
2. Гідрогенсульфід та карбондисульфід. Джерела виділення в навколишнє середовище. Дія на біоту.
3. Гомотипічні та гетеротипічні реакції.
4. Один в'яз за сезон вловлює з повітря 120 г сірчистого газу. В'яз живе 400 років. Скільки сірчистого газу знищить в'яз за своє життя?

### 86 варіант

1. Закон біогенної міграції атомів.
2. Екологічний стан водойм України.
3. Раціональне використання фітоценозів.
4. Заповніть цифровими значеннями блоки піраміди біомаси в ланцюзі харчування «трава–миші–полівки–лисиця», якщо відомо, що для живлення однієї лисиці вагою 8 кг протягом 1 року потрібно 5475 мишей-полівок, а кожна полівка з'їдає за рік 23 кг трави і важить 30 г.

### **87 варіант**

1. Екологічний аудит.
2. Трансформація забруднень в атмосфері.
3. Характеристика води як середовища існування організмів.
4. Чому весняні заморозки часто гублять дерева, незважаючи на те, що взимку вони переносять більш сильні морози?

### **88 варіант**

1. Екологічний паспорт підприємства.
2. Хижацтво та паразитизм – біологічні фактори.
3. Хемосинтез. Організми-хемосинтетики.
4. Тетерева живуть на березах, харчуючись березовими сережками. Взимку, коли настане вечір, тетерева падають каменем з берез в сніг і залишаються там до ранку. Навіщо птахи падають з дерева в сніг?

### **89 варіант**

1. Сучасні теорії появи життя на Землі.
2. Класифікація природних ресурсів.
3. Екологічна ніша. Взаємодії екологічних ніш.
4. За добу людина споживає 500 л кисню. На кожну людину нині припадає одна свійська тварина, яка споживає кисню в 5 разів більше. На скількох людей і свійських тварин вистачить повітря в атмосфері, якщо не брати до уваги інші живі організми?

### **90 варіант**

1. Правила Бергмана, Аллена та Глогера.
2. Характеристика оксидів нітрогену як забрудників довкілля.
3. Електрофільтри. Схема. Принцип дії. Застосування.
4. Які птахи кілька десятиріч тому із середніх і північних широт відлітали восени на південь, а зараз живуть цілий рік у великих містах. Поясніть, з чим це пов'язано.

### **91 варіант**

1. Характеристика забруднення літосфери.
2. Антропогенний ресурсний цикл.

3. Правова відповідальність за екологічні злочини.
4. Один в'яз за сезон вловлює з повітря 120 г сірчистого газу. В'яз живе 400 років. Скільки сірчистого газу знищить в'яз за своє життя?

### **92 варіант**

1. Екологічні проблеми військово-промислового комплексу.
2. Застосування адсорбційних методів для очищення стоків.
3. Нормування якості повітря.
4. Поясніть, чому на поверхні водойм живуть рослини переважно зеленого забарвлення, а на великих морських глибинах – червоного.

### **93 варіант**

1. Глобальна система моніторингу навколишнього середовища.
2. Дія іонізуючого випромінювання на біоту.
3. Баланс сонячної енергії на поверхні Землі.
4. На території, що оточує дорослу ялину, яка плодоносить, кількість сходів маленьких ялинок може досягати 700-900 штук на 10 м<sup>2</sup>. Через двадцять років на цій площі залишаться 2-3 молоді ялинки. Чому велика частина ялиночок загине? Поясніть біологічне значення подібного явища.

### **94 варіант**

1. Закон біогенної міграції атомів.
2. Типи ланцюгів живлення. Приклади.
3. Агроценоз як приклад антропогенної екосистеми.
4. Три основних способи пристосування організмів до несприятливих умов середовища: підпорядкування, опір і уникнення цих умов. До якого способу можна віднести: осінні перельоти птахів з північних місць гніздування в південні райони зимівлі; зимову сплячку бурих ведмедів; активне життя полярних сов взимку при температурі мінус 40 °С; перехід бактерій в стан спор при зниженні температури; нагрівання тіла верблюда вдень з 37 °С до 41 °С і остигання його до ранку до 35 °С; переживання кактусами в пустелі спеки в 80 °С; переживання рябчиками сильних морозів в товщі снігу?

### **95 варіант**

1. Продовольство як природний ресурс.
2. Принципи сталого екологічно безпечного розвитку.
3. Механізми глобальної саморегуляції на прикладі кругообігу вуглецю.
4. Температура тіла песця залишається постійною ( $38,6^{\circ}\text{C}$ ) при коливаннях температури навколишнього середовища в діапазоні від  $-80^{\circ}\text{C}$  до  $+50^{\circ}\text{C}$ . Перерахуйте пристосування, які допомагають песцеві утримувати постійну температуру тіла.

### **96 варіант**

1. Значення магнітного поля Землі для біосфери.
2. Класифікація забруднень атмосфери.
3. Характеристика інтегральних показників якості води.
4. Розташуйте названі види дерев у порядку зростання кількості насіння, яке утворюється ними за рік: дуб черешчатий, береза повисла, кокосова пальма. Як змінюється в збудованому вами ряду дерев розмір насіння (плодів)?

### **97 варіант**

1. Принципи раціонального використання енергоресурсів.
2. Біосферні заповідники. Їх значення та використання.
3. Характеристики токсичності шкідливої речовини.
4. Скільки гектарів лісу потрібно, щоб очистити атмосферне повітря міста з населенням 3 млн. чоловік і в якому є 250 тис. автомобілів, від забруднень вуглекислим газом? Якщо це буковий ліс, то скільки буде затримано пилу?

### **98 варіант**

1. Харчування в умовах радіаційного забруднення.
2. Енергія вітра. Її використання. Негативні та позитивні наслідки.
3. Класифікація живих організмів в біосфері.
4. Як необхідно проводити оранку ґрунту (або формування грядок) на схилі, щоб запобігти ґрунтовій ерозії (виберіть правильну відповідь і обґрунтуйте її): вздовж схилу; поперек схилу; по діагоналі схилу.

### **99 варіант**

1. Збільшення концентрації пилу в атмосфері. Вплив на альбедо.
2. Характеристика гідросфери як природного ресурсу.
3. Симбіоз, антибіоз, алелопатичні взаємодії як біотичні екологічні фактори.
4. Виберіть фактор, який можна вважати обмежуючим у пропонованих умовах. Для річкової щуки в Чорному морі: температура, світло, їжа, солоність води, кисень. Поясніть відповідь.

### **00 варіант**

1. Роль фотосинтезу у розвитку біосфери.
2. Ерозія ґрунтів. Її види. Наслідки.
3. Проблема сировинних ресурсів та шляхи її вирішення.
4. За допомогою рівняння реакції фотосинтезу виконайте розрахунок споживаної сонячної енергії 1 га пшеничного лану, якщо його загальна біомаса становить 100 т.

### 3.3 Варіанти індивідуального завдання (розрахункова частина)

Таблиця 3.1 – Варіанти розрахункової частини індивідуального завдання

№№ варіанта індивідуального завдання (дві останні цифри залікової книжки)	№№ задач (в дужках вказано варіант вихідних даних для задачі)	№№ варіанта	№№ задач	№№ варіанта	№№ задач
01	1 (1), 2 (1)	35	3 (10), 4 (10)	69	5 (9), 6 (9)
02	1 (2), 2 (2)	36	3 (11), 4 (1)	70	5 (10), 6 (10)
03	1 (3), 2 (3)	37	3 (12), 4 (2)	71	5 (11), 6 (11)
04	1 (4), 2 (4)	38	3 (13), 4 (3)	72	5 (12), 6 (12)
05	1 (5), 2 (5)	39	3 (14), 4 (4)	73	5 (13), 6 (13)
06	1 (6), 2 (6)	40	3 (15), 4 (5)	74	5 (14), 6 (14)
07	1 (7), 2 (7)	41	3 (16), 4 (6)	75	5 (15), 6 (15)
08	1 (8), 2 (8)	42	3 (17), 4 (7)	76	5 (16), 6 (16)
09	1 (9), 2 (9)	43	3 (18), 4 (8)	77	5 (17), 6 (17)
10	1 (10), 2 (10)	44	3 (19), 4 (9)	78	5 (18), 6 (18)
11	1 (11), 2 (11)	45	3 (20), 4 (10)	79	5 (19), 6 (19)
12	1 (12), 2 (12)	46	3 (21), 4 (1)	80	5 (20), 6 (20)
13	1 (13), 2 (13)	47	3 (22), 4 (2)	81	7 (1), 8 (1)
14	1 (14), 2 (14)	48	3 (23), 4 (3)	82	7 (2), 8 (2)
15	1 (15), 2 (15)	49	3 (24), 4 (4)	83	7 (3), 8 (3)
16	1 (16), 2 (16)	50	3 (25), 4 (5)	84	7 (4), 8 (4)
17	1 (17), 2 (17)	51	3 (26), 4 (6)	85	7 (5), 8 (5)
18	1 (18), 2 (18)	52	3 (27), 4 (7)	86	7 (6), 8 (6)
19	1 (19), 2 (19)	53	3 (28), 4 (8)	87	7 (7), 8 (7)
20	1 (20), 2 (20)	54	3 (29), 4 (9)	88	7 (8), 8 (8)
21	1 (21), 2 (21)	55	3 (30), 4 (10)	89	7 (9), 8 (9)
22	1 (22), 2 (22)	56	3 (31), 4 (1)	90	7 (10), 8 (10)
23	1 (23), 2 (23)	57	3 (32), 4 (2)	91	7 (11), 8 (11)
24	1 (24), 2 (24)	58	3 (33), 4 (3)	92	7 (12), 8 (12)
25	1 (25), 2 (25)	59	3 (34), 4 (4)	93	7 (13), 8 (13)
26	3 (1), 4 (1)	60	3 (35), 4 (5)	94	7 (14), 8 (14)
27	3 (2), 4 (2)	61	5 (1), 6 (1)	95	7 (15), 8 (15)
28	3 (3), 4 (3)	62	5 (2), 6 (2)	96	7 (16), 8 (16)
29	3 (4), 4 (4)	63	5 (3), 6 (3)	97	7 (17), 8 (17)
30	3 (5), 4 (5)	64	5 (4), 6 (4)	98	7 (18), 8 (18)
31	3 (6), 4 (6)	65	5 (5), 6 (5)	99	7 (19), 8 (19)
32	3 (7), 4 (7)	66	5 (6), 6 (6)	00	7 (20), 8 (20)
33	3 (8), 4 (8)	67	5 (7), 6 (7)		
34	3 (9), 4 (9)	68	5 (8), 6 (8)		

### 3.4 Задачі до розрахункової частини індивідуального завдання та вказівки до їх рішення

#### Задача 1

Визначити гранично допустимий викид (ГДВ) для зазначеної речовини з одиночного джерела. В таблиці 3.2 наведено об'ємні витрати газоповітряної суміші  $V_1$ , м<sup>3</sup>/год., температуру викиду  $T_{гпс}$ , °С, масовий фактичний викид шкідливої речовини  $q$ , кг/год. У таблиці 3.3 наведені необхідні дані для розрахунку: фонові концентрації речовини, що викидається  $C_f$ , мг/м<sup>3</sup>, висота джерела викиду  $H$ , м, діаметр джерела  $D$ , м, температура навколишнього повітря  $T_v$ , °С, місце розташування джерела викиду. Обґрунтувати необхідність системи очищення та її потрібну ефективність. Наведіть схему очищення та опишіть принцип дії апаратів, які входять до її складу.

Таблиця 3.2 – Характеристика газоповітряної суміші

№№ вар.	$V_1$ , тис. м <sup>3</sup> /год.	$T_{гпс}$ , °С	$q$ , кг/год.			
			Пил нетоксичний	СО	SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>
1	2,3	140	23	-	-	-
2	2,4	145	-	130	-	-
3	2,5	150	-	-	3	-
4	2,6	155	-	-	-	0,1
5	3,2	160	30	-	-	-
6	3,4	165	-	190	-	-
7	3,7	168	-	-	5	-
8	3,8	169	-	-	-	0,15
9	4,1	170	40	-	-	-
10	4,3	174	-	300	-	-
11	4,7	176	-	-	6	-
12	4,9	178	-	-	-	0,25
13	5,4	180	55	-	-	-
14	5,6	185	-	370	-	-
15	6,3	190	-	-	8	-
16	6,8	195	-	-	-	0,3
17	7,8	200	80	-	-	-
18	10,0	220	-	500	-	-
19	10,5	230	-	-	11	-
20	10,8	240	-	-	-	0,45
21	11,0	250	100	-	-	-
22	12,0	260	-	700	-	-
23	13,0	280	-	-	13	-
24	14,0	290	-	-	-	0,8
25	14,5	300	110	-	-	-



Таблиця 3.3 – Характеристика навколишнього середовища та джерела викиду

№№ вар.	С <sub>ф</sub> , мг/м <sup>3</sup>	Н, м	D, м	Т <sub>в</sub> , °С	Місце розташування джерела викиду
1	0	10	0,25	22,9	Єкатеринбург
2	0,06	11	0,26	26,7	Харків
3	0,08	12	0,27	25,6	Дніпро
4	0,06	13	0,28	27,6	Нікополь
5	0,04	14	0,29	20,8	Архангельськ
6	0,01	15	0,3	22,2	Нижній Тагіл
7	0,06	16	0,31	24,1	Тернопіль
8	0,01	17	0,32	29,4	Херсон
9	0,04	18	0,33	23,7	Перм
10	0	19	0,34	22,9	Псков
11	0	20	0,35	24,3	Київ
12	0,006	10,5	0,36	22,1	Москва
13	0,009	11,5	0,37	23,5	Тула
14	0,02	12,5	0,38	24,1	Рязань
15	0,008	13,5	0,39	22,2	Владимир
16	0,01	14,5	0,4	20,4	Тамбов
17	0,04	15,5	0,41	21,3	Владивосток
18	0	20	0,25	23,0	Донецьк
19	0,001	19	0,3	22,4	Кам'янське
20	0,0015	18	0,35	22,1	Горішні Плавні
21	0,0018	17	0,35	20,4	Улан-Уде
22	0,02	15	0,4	21,2	Львів
23	0,01	16	0,45	29,7	Ялта
24	0,0017	18	0,45	22,5	Івано-Франківськ
25	0,002	19	0,45	21,4	Луцьк

### Вказівки до рішення задачі

Гранично допустимий викид визначається за формулою:

$$ГДВ_i = \frac{(ГДК_{\text{мах.раз.}i} - C_{\text{ф}i})H^{2/3}\sqrt{V_1\Delta T}}{A * F * m * n * \varphi}, \text{ г/с,}$$

де  $ГДК_{\text{мах.раз.}i}$  – гранично допустима (максимально разова концентрація) шкідливої речовини в приземному шарі повітря (див. табл. 3.4), мг/м<sup>3</sup>;

Таблиця 3.4 – ГДК шкідливих речовин в атмосферному повітрі населених міст

Речовина	Гранично допустима концентрація, мг/м <sup>3</sup>		Клас небезпеки
	Максимальна разова	Середньодобова	
Діоксид азоту	0,2	0,04	3
Зважені речовини (нетоксичний пил)	0,5	0,15	3
Окис вуглецю	5	3	4
Ангідрид сірчистий	0,5	0,05	3
Бензол	1,5	0,1	2
Сірководень	0,008	-	1
Аміак	0,2	0,04	4
Пил оксиду марганцю	0,01	0,001	2
Свинець і його неорганічні сполуки	0,001	0,0003	1
Хром шестивалентний (у перерахунку на триоксид хрому)	0,002	0,0015	1
Пил оксиду цинку	-	0,05	3
Фенол	0,01	0,003	2
Кобальту оксид	-	0,001	2
Пил цементу	0,5	0,15	3
Фтористий водень	0,02	0,005	2
Поліхлорпінен	0,005	0,005	2
Тіурам Е	-	0,03	3
Толуол	0,6	0,6	3
Пил поліметалічний свинцево-цинкового виробництва (з вмістом свинцю до 1 %)	-	0,0001	1
Кадмію оксид	-	0,0003	1
Фосфорний ангідрид	0,15	0,05	2
Міді оксид	-	0,002	2
Вуглеводні насичені	1,0	-	4
Хлористий водень	0,2	0,2	2
Пил оксиду силіцію (вміст до 70 %)	0,3	0,1	3
Пил оксиду алюмінію	-	0,01	2
Сажа	0,15	0,05	3
Пил оксиду заліза (2+)	-	0,04	2
Сурма п'ятисірчиста	-	0,02	3
Тетрахлоретилен	0,5	0,06	2
Гептил бромистий	0,03	0,01	2
Кислота мурашина	0,2	0,05	2
Формальдегід	0,035	0,003	2
Стирол	0,04	0,002	2
Фурфурол	0,05	0,05	3
Пил графіту			
Чотирихлористий вуглець	4	0,7	2
Сірчана кислота	0,3	0,1	2
Спирт метиловий	1,0	0,5	3
Бутілацетат	0,1	0,1	4
Ксилол	0,2	0,2	3
Ацетон	0,35	0,35	4

$C_{ф.і}$  – фонові концентрації шкідливої речовини в приземному шарі повітря, мг/м<sup>3</sup>;

$H$  – висота джерела, м;

$V_I$  – об'ємні витрати газоповітряної суміші, м<sup>3</sup>/с;

$\Delta T$  – різниця температур газоповітряної суміші і температури атмосферного повітря, °С;

$$\Delta T = T_{enc} - T_g$$

$T_{enc}$  – температура викиду газоповітряної суміші, °С;

$T_g$  – температура навколишнього повітря, °С, яка дорівнює середній максимальній температурі повітря найбільш спекотного місяця року;

$A$  – коефіцієнт, який залежить від температурної стратифікації атмосфери, с<sup>2/3</sup>\*град<sup>1/3</sup>\*мг/г.

Значення коефіцієнта  $A$  приймається таким, що відповідає несприятливим метеорологічним умовам, при яких концентрація шкідливих речовин в атмосферному повітрі максимальна, в залежності від географічного регіону місцевості, де розташовано джерело забруднення, в тому числі:

- 250 – для районів Середньої Азії південніше 40° північної широти, Бурятії, Чити;
- 200 – для Росії південніше 50° північної широти, для інших районів Нижнього Поволжя, Кавказу, Молдови, Казахстану, Дальнього Сходу, та іншої території Сибірі і Середньої Азії;
- 180 – для Європи та Уралу від 50° до 52° північної широти, за виключенням раніше перерахованих районів та України;
- 160 – для Європи та Уралу північніше 52° північної широти, а також для України (для розташованих в Україні джерел висотою менш 200 м в зоні від 50° до 52° північної широти – 180, південніше 50° північної широти – 200);
- 140 – для Москви, Тули, Рязані, Володимира, Калуги, Іваново та інших областей.

$F$  – безрозмірний коефіцієнт, який враховує швидкість осідання шкідливої речовини в атмосферному повітрі, що дорівнює:

- 1 – для газоподібних шкідливих речовин та дрібнодисперсних домішок (пилу та ін., швидкість осідання яких практично дорівнює 0);
- 2 – для крупно дисперсних аерозолів при середньому експлуатаційному коефіцієнті очистки викидів не менш 90 %;

- 2,5 – для крупно дисперсних аерозолів при середньому експлуатаційному коефіцієнті очистки викидів від 75 % до 90 %;
- 3 – для крупно дисперсних аерозолів при середньому експлуатаційному коефіцієнті очистки викидів до 75 % та при відсутності очистки, а, також при вмісті водяної пари у викиді, яке достатнє для того, щоб на протязі всього року спостерігалась його інтенсивна конденсація без залежності від ефективності очистки від аерозолів.

$\varphi$  – безрозмірний коефіцієнт, який враховує вплив рельєфу місцевості (для рівної чи слабо пересіченої поверхні з перепадом висот, який не перевищує 50 м на 1 км, приймається  $\varphi = 1$ ).

$m, n$  – коефіцієнти, які враховують умови викиду газоповітряної суміші з гирла джерела викиду.

Значення коефіцієнтів  $m$  и  $n$  визначаються в залежності від параметрів  $f, f_l, V_m, V_m^l$ .

Параметр  $f$  визначається за формулою:

$$f = \frac{10^3 * \omega_0^2 D}{H^2 * \Delta T},$$

де  $\omega_0$  – середня швидкість викиду газоповітряної суміші з гирла джерела, м/с.

$$\omega_0 = \frac{4 * V_1}{\pi * D^2},$$

$$f_l = 800 (V_m^l)^3,$$

$$V_m = 0,65 * \sqrt[3]{\frac{V_{1*} * \Delta T}{H}},$$

$$V_m^l = \frac{1,3 * \omega_0 * D}{H}.$$

Коефіцієнт  $m$  залежить від параметра  $f$ . Значення  $m$  при  $f \ll 100$  визначається за формулою:

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1\sqrt{f} + 0,37\sqrt[3]{f}}.$$

Якщо  $f \geq 100$ , то

$$m = \frac{1,47}{\sqrt{f}}.$$

Якщо  $f_l < f < 100$ , то значення коефіцієнта  $m$  розраховують при  $f = f_l$ .

Коефіцієнт  $n$  при  $f \ll 100$  залежить від  $V_m$ :

$n = 1$ , якщо  $V_m \geq 2$ .

$n = 0,532V_m^2 - 2,13V_m + 3,13$ , якщо  $0,5 < V_m < 2$ .

Якщо  $V_m \leq 0,5$ , то  $n = 4,4V_m$ .

Після розрахунку ГДВ<sub>i</sub>, для визначення необхідності очищення викиду від даної шкідливої речовини, розраховуємо початкову концентрацію шкідливої речовини в газоповітряній суміші за формулою:

$$Z_{\text{нач}} = \frac{1000 \cdot q}{V_1}, \text{ г/м}^3,$$

де  $q$  – масовий фактичний викид шкідливої речовини, кг/год.;

$V_1$  – об'ємні витрати газоповітряної суміші, м<sup>3</sup>/год.

Визначаємо вимоги до концентрації шкідливої речовини на виході з системи очищення викиду з урахуванням ГДВ<sub>i</sub>:

$$Z_{\text{доп}} = \frac{3600 \cdot \text{ГДВ}_i}{V_1}, \text{ г/м}^3,$$

Порівнюємо отримані значення. Якщо  $Z_{\text{доп}} < Z_{\text{нач}}$ , то необхідно запропонувати систему очищення газоповітряної суміші від даної шкідливої речовини. Схема очистки газоповітряної суміші може бути одно- або багатоступінчатою. Потрібно навести схеми апаратів для очистки та описати їх принцип роботи. Апарати для очистки обираються таким чином, щоб ефективність чи загальна ефективність (при багатоступінчатій схемі) задовольняла вимогам до концентрації шкідливої речовини у викиді.

Необхідна ефективність системи очистки розраховується за формулою:

$$E = \frac{Z_{\text{нач}} - Z_{\text{доп}}}{Z_{\text{нач}}}$$

Загальна ефективність багатоступінчатої системи очистки:

$$E_z = 1 - (1 - E_1)(1 - E_2) \dots (1 - E_n),$$

де  $E_1, E_2, \dots, E_n$  – ефективність 1-го, 2-го, ..., n-го ступеня системи очистки.

## Задача 2

Зробити економічну оцінку річного збитку від забруднення повітря шкідливою речовиною, яка викидається з одиночного джерела.

Збиток від забруднення повітря 1 т умовної речовини ( $\gamma_{\text{атм.}}$ ) дорівнює 2,4 грн/т ум. р. Для розрахунку потрібно використовувати також дані про масовий фактичний викид шкідливої речовини  $q$ , кг/год. (див. табл. 3.2), висоту джерела викиду  $H$ , м (див. табл. 3.3), дані про склад зони активного забруднення наведено в таблиці 3.5.

Таблиця 3.5 – Дані про склад зони активного забруднення

№№ варіанта	Центральна частина міста	Зона промислових підприємств	Зона відпочинку	Курорти, заповідники	Ліс	Сади та виноградники
1	2	3	4	5	6	7
1	90	10	-	-	-	-
2	-	70	30	-	-	-
3	-	10	50	30	-	10
4	-	30	-	30	-	40
5	-	50	30	10	10	-
6	10	60	-	10	10	10
7	-	-	80	20	-	-
8	90	-	-	-	5	5
9	-	-	40	40	-	20
10	-	20	-	-	70	10
11	13	30	-	-	50	7
12	-	27	8	5	-	60
13	-	-	10	10	-	80
14	-	-	90	2	4	4
15	-	80	8	12	-	-
16	30	30	10	10	10	10

### Закінчення таблиці 3.5

1	2	3	4	5	6	7
17	10	10	50	10	3	17
18	-	100	-	-	-	-
19	-	15	20	10	-	55
20	90	10	-	-	-	-
21	7	10	40	20	10	13
22	-	80	-	-	20	-
23	10	-	30	-	-	60
24	-	50	30	10	10	-
25	10	60	-	10	10	10

### Вказівки до рішення задачі

Збиток, заподіяний навколишньому середовищу викидами забруднюючих речовин в атмосферу згідно з укрупненою методикою розрахунку з урахуванням валових викидів, для всякого джерела викидів визначають за формулою:

$$Y = \gamma_{атм.} \cdot \sigma \cdot \mu \cdot M ,$$

де  $Y$  – збиток, який може бути нанесений навколишньому середовищу викидами в атмосферу забруднюючих речовин, грн/рік;

$\gamma_{атм.}$  – питомий збиток, нанесений народному господарству викидом в атмосферу однією тонною умовної речовини (оксид вуглецю (II)), грн/т ум. р.

$\sigma$  – безрозмірний показник відносної небезпеки забруднення атмосфери над територією, що забруднюється;

$\mu$  – поправка на характер розсіювання домішок у атмосфері;

$M$  – приведена маса річного викиду шкідливих речовин з гирла джерела, умов. т/рік.

Якщо зона активного забруднення (ЗАЗ) неоднорідна й складається з територій різних типів, то:

$$\sigma = \frac{1}{S_{ЗАЗ}} \cdot \sum (\sigma_i \cdot S_i) ,$$

де  $S_{343}$  – загальна площа зони активного забруднення, м<sup>2</sup>;  
 $S_{(i)}$  – площа однотипної частини зони активного забруднення, м<sup>2</sup>;  
 $\sigma_{(i)}$  – відносна небезпека забруднення атмосфери над територією даного типу.

Значення показників відносної небезпеки забруднення атмосфери над територіями різних типів:

- курорти, заповідники – 10;
- зони відпочинку – 8;
- центральна частина міста – 8;
- ліс – 0,2;
- сади та виноградники – 0,5;
- територія промислових підприємств – 4.

Для організованих викидів при висоті труби джерела викидів  $H > 10$  м зоною активного забруднення вважають кільце, обмежене двома радіусами, величини яких обчислюють за формулами:

$$r_{внут} = 2 \cdot \varphi \cdot H, \text{ м};$$

$$r_{зовн} = 20 \cdot \varphi \cdot H, \text{ м},$$

де  $\varphi$  – поправка на підйом факела викиду в атмосферу.

Розрахунок величини  $\varphi$  роблять за формулою:

$$\varphi = 1 + \frac{\Delta T}{75},$$

де  $\Delta T$  – різниця температур газоповітряної суміші і температури атмосферного повітря, °С (див. табл. 3.2 та 3.3);

Поправку  $\mu$ , що враховує характер розсіювання домішок в атмосфері, розраховують залежно від розмірів часток забруднювача:

а) для газів і дрібнодисперсних часток, що осідають зі швидкістю менш 1 см/с:



$$\mu = \left( \frac{100}{100 + \varphi \cdot H} \right) \left( \frac{4}{1 + U} \right),$$

де  $U$  – середньорічне значення швидкості вітру на рівні флюгера, м/с.

Якщо величина  $U$  невідома, то її приймають 3 м/с.

Якщо швидкість осідання часток невідома, то вважають, що вона менше 1 см/с при ефективності очищення від пилу  $\eta > 90\%$  (ефективність очищення встановлюється при розв'язуванні задачі №1).

б) для часток, що осідають зі швидкістю 1-20 см/с:

$$\mu = \sqrt{\frac{1000}{60 + \varphi \cdot H}} \cdot \left( \frac{4}{1 + U} \right).$$

Якщо швидкість осідання часток невідома, то вважають, що її значення лежить в інтервалі 1-20 см/с при ефективності очищення від пилу  $70\% < \eta < 90\%$ ;

в) для часток, що осідають зі швидкістю вище 20 см/с величина  $\mu = 10$ .

Якщо швидкість осідання часток невідома, то вважають, що вона більша 20 см/с при ефективності очищення від пилу  $\eta < 70\%$ .

Якщо значення  $\mu$  для різних домішок виявляються різними, то загальна оцінка збитку, який наноситься навколишньому середовищу викидами шкідливих речовин в атмосферу, дорівнює сумі оцінок щодо кожного типу домішок.

Величина  $M$  – приведена річна маса викиду шкідливих речовин в атмосферу із джерела викидів, ум. т/рік. Її обчислюють за формулою:

$$M = \sum (A_i \cdot m_i),$$

де  $m_{(i)}$  – річна маса викиду в атмосферу одного виду шкідливих речовин (наприклад, нетоксичного пилу), т/рік (див. табл. 3.2);

$A_{(i)}$  – показник відносної агресивності шкідливої речовини  $i$ -того виду, ум. т/т.

Для визначення  $A_{(i)}$  використовують вираз:

$$A_i = a_i \cdot \alpha_i \cdot \beta_i \cdot \delta_i \cdot \lambda_i,$$

де  $a_{(i)}$  – поправка, що характеризує відносну небезпеку присутності шкідливої речовини в повітрі, яке вдихає людина;

$\alpha_{(i)}$  – поправка, що враховує ймовірність накопичення вихідної шкідливої речовини або вторинних забруднювачів у компонентах навколишнього середовища й у трофічних ланцюгах, а також враховує можливість потрапляння шкідливої речовини в організм людини неінгаляційним шляхом;

$\beta_{(i)}$  – поправка на ймовірність утворення з вихідних шкідливих речовин, викинутих в атмосферу, вторинних забруднювачів, більш небезпечних, ніж вихідні;

$\delta_{(i)}$  – поправка, що характеризує вплив шкідливої речовини на інших реципієнтів (крім людини);

$\lambda_{(i)}$  – поправка на ймовірність вторинного викиду шкідливої речовини в атмосферу після осідання на поверхню (для пилу).

Поправка  $a_{(i)}$  визначає рівень небезпеки  $i$ -тої речовини для людини стосовно рівня небезпеки оксиду вуглецю (II). Її обчислюють за формулою:

$$a_i = \sqrt{\frac{ГДК_{СД(СО)} \cdot ГДК_{махра\&CO}}{ГДК_{СДi} \cdot ГДК_{махрази}}}.$$

Середньодобові гранично допустимі концентрації  $i$ -х речовин –  $ГДК_{СД(i)}$  і максимальні разові гранично допустимі концентрації  $i$ -х речовин –  $ГДК_{ма\&раз(i)}$  наведені в таблиці 3.4.

Значення поправки  $\alpha_{(i)}$  дорівнює:

- $\alpha_{(i)} = 5$  для токсичних металів та їх оксидів – ванадію, марганцю, кобальту, нікелю, хрому, цинку, миш'яку, срібла, кадмію, сурми, олова, платини, ртуті, свинцю, урану;
- $\alpha_{(i)} = 2$  для інших металів і їх оксидів – натрію, магнію, калію, кальцію, заліза, стронцію, молібдену, барію, вольфраму, вісмуту, кремнію, берилію, а також для інших компонентів твердих аерозолів, для поліциклічних

ароматичних вуглеводнів (ПАВ), у тому числі для 3,4-бенз(а)пірену;

- $\alpha_{(i)} = 1$  для всіх інших забруднювачів, що викидаються в атмосферу, – газів, кислот і лугів в аерозолях та ін.

Поправка  $\beta_{(i)}$ :

- $\beta_{(i)} = 5$  для нетоксичних летучих вуглеводнів – низькомолекулярних парафінів і олефінів при викиданні їх в атмосферу південніше  $45^\circ$  північної широти;
- $\beta_{(i)} = 2$  для тих же речовин при викиданні їх в атмосферу північніше  $45^\circ$  північної широти;
- $\beta_{(i)} = 1$  для інших речовин.

Поправка  $\delta_{(i)}$ :

- $\delta_{(i)} = 2$  для легко дисоціюючих кислот і лугів, що викидаються і випарюються в атмосферне повітря (фтористого водню, соляної і сірчаної кислот і ін.);
- $\delta_{(i)} = 1,5$  для сірчистого газу, оксидів азоту, сірководню, сірковуглецю, озону, добре розчинних неорганічних сполук фтору;
- $\delta_{(i)} = 1,2$  для органічного пилу, що містить ПАР й інші небезпечні сполуки, для токсичних металів і їх оксидів, реакційно здатної органіки (альдегідів і т.п.), аміаку, неорганічних сполук кремнію, погано розчинних сполук фтору, оксиду вуглецю, легких вуглеводнів;
- $\delta_{(i)} = 1$  для інших сполук і домішок (для органічного пилу, що містить ПАР, а також для нетоксичних металів і їх оксидів – натрію, магнію, калію, кальцію, заліза, стронцію, молібдену, барію, вольфраму, вісмуту й ін.).

Поправка  $\lambda_{(i)}$ :

- $\lambda_{(i)} = 1,2$  для твердих аерозолів (пилу), що викидаються на територіях із середньорічною кількістю опадів менш 400 мм у рік;
- $\lambda_{(i)} = 1$  – у всіх інших випадках.

Далі розраховується збиток, заподіяний навколишньому середовищу викидами забруднюючих речовин в атмосферу до очистки, потім – теж саме після запропонованої в розв'язанні першої задачі системи очистки викиду (використовується розрахована потрібна ефективність системи очистки).

### Задача 3

Визначити умови спуску стічних вод у поверхневу водойму: максимальну концентрацію шкідливої речовини ( $C_{ст. пр.}$ ), допустиму у стоці підприємства, концентрація шкідливої речовини в контрольному створі ( $C_{п.п.в.}$ ), кратність розведення ( $n$ ). Вихідні дані для розрахунку: фактична концентрація шкідливої речовини в загальному стоці підприємства  $C_{ст.і.}$ , мг/л, фонові концентрації шкідливої речовини в поверхневій водоймі до скидання даних стічних вод  $C_{фі}$ , мг/л; витрати стічних вод  $q$ , м<sup>3</sup>/с, витрати води у річці  $Q$ , м<sup>3</sup>/с, відстань по фарватеру від міста випуску стічних вод до найближчого створу водокористування  $L$ , м, коефіцієнт, який залежить від місця випуску стічних вод у водойму  $\zeta$ , середня швидкість течії води у річці  $V_{ср.}$ , м/с, середня глибина річки  $H_{ср.}$ , м, відношення відстаней між місцем скиду стічних вод і місцем водокористування по фарватеру і по прямій лінії  $\phi$  (приймається  $\phi = 1$ ). Спрогнозувати стан водойми після скиду до неї стічних вод.

Таблиця 3.6 – Вихідні дані до задачі 3

№№ вар.	Речовина	$C_{ст.і.}$ , мг/л	$C_{фі}$ , мг/л	$g$ , м <sup>3</sup> /с	$Q$ , м <sup>3</sup> /с	$L$ , м	Місце випуску стічних вод у поверхневу водойму	$V_{ср.}$ , м/с	$H_{ср.}$ , м
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Фенол	0,5	0,01	0,5	0,010	300	З берега	0,5	1,5
2	Хром 3+	0,1	0	0,4	0,011	250	В русло річки	0,6	1,6
3	Цинк 2+	0,5	0	0,2	0,012	200	З берега	0,5	1,5
4	Нафта	10	0	0,3	0,013	150	В русло річки	0,6	1,7
5	Нікель 2+	100	0	0,5	0,014	100	З берега	0,5	1,6
6	Фенол	1,0	0,2	0,1	0,02	100	В русло річки	1,0	2,0
7	Хром 6+	0,05	0	0,2	0,021	150	З берега річки	1,1	2,1
8	Залізо 3+	0,8	0	0,3	0,022	170	В русло річки	1,2	2,2
9	Ціаніди	80	0	0,4	0,023	200	З берега річки	1,0	2,3
10	Мідь	80	0,01	0,5	0,024	240	В русло річки	1,1	2,4
11	Кадмій	0,8	0	0,8	0,1	600	З берега річки	1,3	3,0
12	Нітрати	0,06	0,01	0,81	0,2	500	В русло річки	1,4	3,1
13	Алкілсуль- фати	10,0	0	0,84	0,1	400	З берега річки	1,5	3,2
14	Роданіди	0,5	0	0,86	0,25	300	В русло річки	1,6	3,3
15	Сполуки миш'яку	80	0	0,89	0,15	200	З берега річки	1,7	3,4
16	Свинець 2+	0,9	0,003	1,0	0,3	500	В русло річки	2,0	3,5
17	Сульфати	200	20	0,2	0,2	450	З берега річки	2,1	3,6
18	Хлориди	100	0,01	0,8	0,1	400	В русло річки	2,2	3,7
19	Ртуть 2+	60	0	0,7	0,09	350	З берега річки	2,3	3,8
20	Нікель	50	0	0,6	0,08	300	В русло річки	2,4	3,9
21	Фенол	2,0	0,005	0,3	0,03	250	З берега річки	2,5	4,5
22	Хром 3+	0,3	0,003	0,4	0,05	200	В русло річки	2,3	4,6
23	Цинк 2+	50	0	0,5	0,04	150	З берега річки	2,2	4,7

Закінчення таблиці 3.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
24	Нафта	70	0,2	0,6	0,03	100	В русло річки	2,1	4,8
25	Ртуть 2+	30	0	0,7	0,02	500	З берега річки	2,0	4,9
26	Хлориди	1500	38	0,4	0,02	200	В русло річки	1,0	5,0
27	Сульфати	500	100	0,3	0,03	150	З берега річки	0,9	5,1
28	Свинець 2+	20	0,005	0,2	0,02	1000	В русло річки	0,8	5,2
29	Сполуки миш'яку	10	0,03	0,1	0,03	200	З берега річки	0,7	5,3
30	Роданіди	20	0	0,09	0,02	1500	В русло річки	0,6	5,4
31	Алкілсульфати	0,3	0,02	0,01	0,03	150	З берега річки	0,1	5,5
32	Нітрити	5	0,5	0,04	0,04	200	В русло річки	0,2	5,6
33	Кадмій	15	0,03	0,05	0,05	100	З берега річки	0,3	5,7
34	Нафта	17	0,005	0,08	0,06	150	В русло річки	0,1	5,8
35	Нікель	10	0	0,1	0,07	200	З берега річки	0,2	5,9

Вказівки до рішення задачі

Максимальна концентрація шкідливої речовини ( $C_{ст. пр.}$ ), що допустима в стоці підприємства, розраховується за формулою:

$$C_{ст. доп. i} = \frac{\gamma Q}{q} (ГДК_i - C_{\phi_i}) + ГДК_i, \text{ мг/л,}$$

де  $\gamma$  – коефіцієнт змішання, який враховує особливості водотоку;

ГДК – гранично допустима концентрація шкідливої речовини у водоймі, яка відноситься до певної категорії водокористування і наведена в таблиці 3.7, мг/л.

При розрахунку для парних варіантів приймається, що скид здійснюється в річку II категорії водокористування, а для непарних варіантів – в річку I категорії.

Таблиця 3.7 – ГДК шкідливих речовин у воді

Шкідлива речовина	ГДК, мг/л	
	Для водойм I категорії (ГДК <sub>в</sub> )	Для водойм II категорії (ГДК <sub>вр</sub> )
1	2	3
Мідь 2+	0,1	0,001
Миш'як	0,05	0,05
Нікель 2+	0,1	0,01
Нітрати (у перерахунку на нітроген)	45,0	40
Кадмій	-	0,005

### Закінчення таблиці 3.7

1	2	3
Нітрити	3,3	0,08
Ртуть 2+	0,0005	0,0001
Сульфати ( $\text{SO}_4^{2-}$ )	500,0	100
Нафта і нафтопродукти в емульгованому стані	0,3	0,05
Феноли	0,001	0,001
Алкілсульфати	0,5	0,05
Роданіди	0,5	0,1
Свинець 2+	0,03	0,1
Хлориди	350	300
Хром 3+	0,5	-
Хром 6+	0,05	0,001
Цинк 2+	1,0	0,01
Залізо 3+	0,3	0,05
Ціаніди	0,1	0,05

Коефіцієнт  $\gamma$  визначається за формулою Фролова-Родзіллера:

$$\gamma = \frac{1 - \beta}{1 + \left(\frac{Q}{q}\right)\beta},$$

де  $\beta = \frac{1}{2,72} \alpha^3 \sqrt{L},$

$\alpha$  – коефіцієнт, який враховує гідравлічні умови змішання:

$$\alpha = \xi * \varphi * \sqrt[3]{\frac{E}{q}},$$

де  $\xi$  – коефіцієнт, який залежить від місця скиду стічних вод (при скиді з берега річки  $\xi=1$ , при скиді в русло річки  $\xi=1,5$ ;

$E$  – коефіцієнт турбулентної дифузії, що дорівнює:

$$E = \frac{V_{cp} H_{cp}}{200}.$$

Для прогнозування санітарного стану водойми потрібно визначити концентрацію речовини перед розрахунковим пунктом водокористування:

$$C_{n.n.v.i} = \frac{g * C_{cm.i} + \gamma * Q * C_{\phi i}}{g + \gamma * Q}, \text{ мг/л.}$$

Визначаємо фактичний скид шкідливої речовини зі стічними водами за формулою:

$$M_{\phi} = q * C_{cm.}, \text{ з/с.}$$

Гранично допустимий скид визначається за формулою:

$$ГДС = q * C_{cm \text{ доп.}}, \text{ з/с.}$$

Кратність розведення:

$$n = \gamma(Q+q)/q.$$

Далі необхідно порівняти отримані результати і зробити висновки про можливість скидання стоків у дану водойму и її стан після цього.

#### **Задача 4**

Розрахуйте збиток, який буде нанесено навколишньому середовищу скиданням шкідливих речовин у водойми із застосуванням методики укрупненого розрахунку, якщо відомі концентрація шкідливих речовин у стоках  $C_i$ , мг/м<sup>3</sup> і їхні витрати  $V_i$ , м<sup>3</sup>/рік. Як зміниться величина збитку навколишньому середовищу після будівництва очисних споруд? Вихідні дані для розрахунку наведені в таблиці 3.8.

Таблиця 3.8 – Вихідні дані до задачі 4

№№ вар.	Назва речовини	Об'єм стічних вод, м³/добу		Концентрація в стічних водах, мг/л				Назва басейнів рік і створів
				Для першого стоку С <sub>1</sub>		Для другого стоку С <sub>2</sub>		
		V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>	до	після	до	після	
				очищення		очищення		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Мідь 2+	50·10 <sup>3</sup>	10·10 <sup>3</sup>	640	10	550	10	Русло Дністра, північна частина Чернівецької області для вар. 26. Русло Дністра, південно-західна частина Вінницької області для вар. 36. Русло Дніпра, північна частина Житомирської області для вар. 46. Дніпро, Каховське водосховище, Полтавська область для вар. 56
	ПАР			770	2	808	1,2	
	Хлориди			800	10	805	8	
	Свинець 2+			500	13	450	1	
	Миш'як 3+			-	-	530	0,1	
	Нікель 2+			-	-	-	-	
2	Кадмій 2+	40·10 <sup>3</sup>	10·10 <sup>3</sup>	350	120	280	80	Дніпро, Каховське водосховище, північна частина Херсонської області для вар. 27. Русло Дністра, Південна частина Львівської області для вар. 37. Русло Дніпра, Чернігівська область без південної частини для вар. 47, 57
	ПАР			400	0,1	1500	5	
	Хлориди			450	24	330	3	
	Нітрати			1400	140	130	35	
	Алкілсульфати			790	0,01	600	10	
	Ртуть 2+			-	-	30	5,5	
3	Сульфати	30·10 <sup>3</sup>	10·10 <sup>3</sup>	46	21	50	10	Дніпро, Каховське водосховище, Полтавська область для вар. 28. Дніпро, Каховське водосховище, Дніпропетровська область без західної частини для вар. 38, 48. Північна частина Запорізької області, Дніпро, Каховське водосховище для вар. 58
	Феноли			58	20	50	15	
	Нафта			300	103	220	20	
	Свинець 2+			57	54	60	8	
	Миш'як 3+			9	2	-	-	
	Нікель 2+			-	-	25	5	
4	Сульфати	50·10 <sup>6</sup>	20·10 <sup>6</sup>	150	20	170	30	Західна частина Дніпропетровської області, русло Дніпра для вар. 29. Південна й центральна частини Тернопільської області, русло Дністра для вар. 39, 49, 59
	Феноли			120	40	100	30	
	Нафта			200	60	150	30	
	Нітрити			50	10	90	30	
	Кадмій 2+			200	80	-	-	
	Залізо 3+			-	-	2	0,2	
5	Ціаніди	50·10 <sup>6</sup>	30·10 <sup>6</sup>	-	-	100	15	Русло Дніпра, північна частина Житомирської області для вар. 30. Південно-східна частина Київської області, Дніпро для вар. 40. Дніпропетровська область без західної частини; Дніпро для вар. 50. Західна частина Дніпропетровської області, русло Дніпра для вар. 60
	Хлориди			20	4	-	-	
	Феноли			40	8	400	100	
	Хром 3+			1	0,005	-	-	
	Нікель 2+			10	5	-	-	
	Роданіди			-	-	550	150	
6	ПАР	40·10 <sup>6</sup>	20·10 <sup>6</sup>	600	200	650	100	Русло Дністра, південно-західна частина Вінницької області для вар. 31. Русло Дніпра, Хмельницька область для вар. 41, 51.
	Сульфати			160	40	240	100	
	Нафта			550	50	500	150	
	Хром 6+			-	-	200	0,03	
	Нітрати			60	10	40	10	
	Ртуть 2+			100	0,06	-	-	



### Закінчення таблиці 3.8

1	2	3	4	5	6	7	8	9
7	Залізо 3+	30·10 <sup>6</sup>	10·10 <sup>6</sup>	400	150	450	100	Русло Дніпра, Хмельницька область для вар. 32, 42. Русло Дніпра, північна частина Житомирської області для вар. 52.
	Сульфати			200	100	150	30	
	Феноли			250	140	300	90	
	Нікель 2+			30	3	40	10	
	Нітрати			40	5	20	4	
	Кадмій 2+			300	100	300	70	
8	Хром 3+	40·10 <sup>6</sup>	30·10 <sup>6</sup>	500	110	400	100	Русло Дніпра, Чернігівська область без південної частини для вар. 33, 43, 53.
	Сульфати			250	60	200	50	
	Нафта			400	100	450	90	
	Свинець 2+			10	1	5	1	
	Роданіди			3	0,04	2	0,5	
	Нітрати			15	3	-	-	
9	ПАР	40·10 <sup>6</sup>	10·10 <sup>6</sup>	-	-	400	100	Дніпро, Південно-східна частина Київської області для вар. 34. Дніпро, Полтавська область для вар. 44. Дніпро, північна частина Запорізької області для вар. 54
	Хлориди			1400	10	330	10	
	Нафта			300	110	330	150	
	Миш`як 3+			200	0,1	501	1	
	Нікель 2+			850	1	302	0,1	
	Ціаніди			400	100	-	-	
10	ПАР	50·10 <sup>6</sup>	40·10 <sup>6</sup>	600	200	500	200	Русло Дніпра, Західна частина Херсонської області для вар. 35. Русло Дністра, південна й центральна частини Тернопільської області для вар. 45, 55
	Хром 6+			280	10	100	14	
	Свинець 2+			450	100	300	68	
	Феноли			120	45	-	-	
	Хлориди			45	7	400	42	
	Нафта			96	13	-	-	

### Вказівки до рішення задачі

Розрахунок загальної величини збитку від забруднення водойми:

$$V = \gamma \cdot \sigma_k \cdot M, \text{ грн/рік,}$$

де  $\gamma$  – питомий збиток, заподіюваний народному господарству скиданням у водойми однієї тонни умовної шкідливої речовини ( $\gamma$  дорівнює 400 грн/ум. т);

$\sigma_k$  – показник відносної небезпеки забруднення водойми;

$M$  – приведена маса речовин, що скидаються у водойми на протязі року, ум. т/рік.

Значення  $\sigma_k$  для різних водогосподарчих ділянок наведені в таблиці 3.9.

Таблиця 3.9 – Значення константи  $\sigma_k$  для різних водогосподарчих ділянок

Ділянка річки	Адміністративний склад ділянок	$\sigma_k$
Русло Дністра	Південна частина Львівської області; Івано-Франківська область без південної частини; південна й центральна частини Тернопільської області, північна частина Чернівецької області; південно-західна частина Вінницької області; південна частина Хмельницької області, Молдова без південно-західної частини	1,84
Русло Дніпра	Ровенська область, Волинська область, Хмельницька область, північна частина Житомирської області, Чернігівська область без південної частини; північна частина Київської області, північна частина Тернопільської області, північна частина Сумської області	1,75
Дніпро, Каховське водосховище	Південно-східна частина Київської області, північна й східна частини Черкаської області, Полтавська область, південна частина Сумської області, західна частина Харківської області, Дніпропетровська область без західної частини; північна частина Запорізької області, північна частина Херсонської області, західна частина Донецької області	2,33
Русло Дніпра	Західна частина Херсонської області, західна частина Дніпропетровської області	0,99

Наведена річна маса забруднюючих речовин може бути розрахована за формулою:

$$M = \sum (A_i \cdot m_i), \text{ ум. т/рік,}$$

де  $A_{(i)}$  – показник відносної агресивності шкідливої речовини  $i$ -того виду, ум. т/т;

$m_{(i)}$  – маса  $i$ -тої шкідливої речовини, яка скидається у водойму на протязі року, т/рік.

Значення  $A_{(i)}$  пов'язане з величиною  $ГДК_{вр(i)}$  співвідношенням:

$$A_i = \frac{1}{ГДК_{врi}},$$

де  $ГДК_{вр(i)}$  – гранично допустима концентрація  $i$ -тої шкідливої речовини у водоймах рибогосподарського призначення, мг/л.

Значення  $ГДК_{вр(i)}$  наведені в таблиці 3.7.

Маса шкідливої речовини  $i$ -того типу, яка скинута у водойму за рік, залежить від річних витрат стічних вод і концентрації шкідливої речовини у стоці:

$$m_i = 10^{-6} \sum C_{ij} \cdot V_{ij}, \text{ т/рік},$$

де  $C_{ij}$  – концентрація шкідливої речовини  $i$ -того типу в  $j$ -тому джерелі забруднення, г/м<sup>3</sup>;

$V_{ij}$  – річні витрати стоків, які містять шкідливу речовину  $i$ -того типу з  $j$ -того джерела забруднення, м<sup>3</sup>/рік.

### Задача 5

Визначити максимальну приземну концентрацію шкідливої речовини  $C_m$ , (мг/м<sup>3</sup>) при викиді газоповітряної суміші з одиночного джерела з круглим гирлом при несприятливих умовах, відстань  $X_m$ , (м) від джерела викиду, на якій досягається ця концентрація, а також приземну концентрацію шкідливих речовин  $C$ , (мг/м<sup>3</sup>) при небезпечній швидкості вітру по осі смолоскипу викиду на відстані 300, 500 та 1000 м. В таблиці 3.10 наведені: висота джерела викиду  $H$ , (м), діаметр джерела  $D$ , (м), середня швидкість виходу газоповітряної суміші з гирла джерела викиду  $\omega_0$ , (м/с), температура викиду  $T_{гпс}$ , (°C), масовий фактичний викид шкідливої речовини  $M_i$ , (г/с), температура навколишнього повітря  $T_v$ , (°C), місце розташування джерела викиду.

Таблиця 3.10 – Вихідні дані до задачі 5

№№ вар.	H, м	D, м	$\omega_0$ , м/с	$T_{гпс}$ , °C	Шкідлива речовина	M, г/с	Місце розташування джерела викиду	$T_v$ , °C
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	30	0,2	2,5	60	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	0,1	Ужгород	22,4
					H <sub>2</sub> S	0,3		
					SO <sub>2</sub>	2,0		
					CO	5,2		
2	35	0,15	3,5	45	NH <sub>3</sub>	1,5	Луцьк	21,2
					CO	20		
					SO <sub>2</sub>	15		
					NO <sub>2</sub>	6,6		
3	50	1,5	6,5	90	Пил MnO	0,2	Рахів	20,5
					Свинець	0,8		
					Пил Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,95		
					Пил ZnO	0,78		
4	70	2,5	6,0	95	CO	3,8	Горішні Плавні	28,6
					H <sub>2</sub> S	5,5		
					SO <sub>2</sub>	1,7		
					Пил ZnO	28		

Продовження таблиці 3.10

1	2	3	4	5	6	7	8	9
5	60	2,2	4,5	67	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH	7,5	Кам'янське	29,1
					Кобальту оксид	40		
					NH <sub>3</sub>	8		
					SO <sub>2</sub>	23,5		
6	65	1,2	4,0	68	Пил цементу	10	Рівне	
					HF	0,8		
					NH <sub>3</sub>	1,5		
					SO <sub>2</sub>	1,25		
7	100	4,2	8,5	86	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	2,45	Тернопіль	23,5
					Поліхлорпінен	6,75		
					C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH	22,6		
					NO <sub>2</sub>	8860		
8	40	1,9	8,0	150	Тіурам Е	1,25	Вінниця	23,7
					Толуол	5,6		
					Pb	8,44		
					Cd	1,78		
9	10	3,2	10,5	140	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	35,4	Луганськ	27,8
					SO <sub>2</sub>	4566		
					CO	1055		
					Cu	10,8		
10	42	1,2	9,5	110	Вуглеводні насичені	0,66	Волноваха	26,7
					NO <sub>2</sub>	1,3		
					SO <sub>2</sub>	3,8		
					CO	310,55		
11	46	0,9	3,7	26	HCl	0,06	Харків	24,2
					H <sub>2</sub> S	0,04		
					Пил SiO <sub>2</sub>	6,5		
					Пил Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	60,4		
12	64	1,8	7,1	96	Сажа	0,25	Черкаси	26,3
					Вуглеводні насичені	0,8		
					Пил FeO	0,8		
					NO <sub>2</sub>	4,4		
13	62	0,4	1,5	70	CO	1215	Мукачеве	23,1
					SO <sub>2</sub>	0,14		
					NO <sub>2</sub>	0,13		
					Вуглеводні	0,16		
14	35	0,35	0,75	45	Сурма п'ятисірчиста	0,003	Одеса	27,9
					Тетрахлоретілен	0,07		
					Гептил бромистий	0,18		
					Кислота мурашина	0,03		

Закінчення таблиці 3.10

1	2	3	4	5	6	7	8	9
15	30	0,24	0,5	65	CO	3,33	Дніпро	28,1
					SO <sub>2</sub>	39		
					NO <sub>2</sub>	0,13		
					Вуглеводні насичені	15		
16	32	0,28	0,6	105	CO	13,5	Молодечне	21,5
					Формальдегід	9,6		
					Стирол	90,4		
					Фурфурол	5		
17	15	0,25	0,9	25	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0,36	Полтава	27,4
					Спирт метиловий	1,8		
					HCl	1,08		
					Пил Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,5		
18	10	0,15	0,95	29	Бутилацетат	0,054	Запоріжжя	28,6
					Ксилол	0,04		
					Толуол	0,55		
					Ацетон	12,2		
19	34	0,4	0,55	35	Тетрахлоретілен	0,04	Козятин	24,6
					CCl <sub>4</sub>	0,06		
					Ксилол	0,075		
					Пил графіту	0,6		
20	46	0,38	5,5	125	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	49,6	Чернігів	25,1
					CO	21,44		
					H <sub>2</sub> S	0,33		
					NO <sub>2</sub>	0,64		

Вказівки до рішення задачі

Максимальну приземну концентрацію шкідливої речовини  $C_M$  при викиді газоповітряної суміші з одиночного джерела з круглим гирлом при несприятливих умовах визначають за формулою:

$$C_M = \frac{A \cdot M \cdot F \cdot t \cdot n \cdot \varphi}{H^2 \cdot \sqrt[3]{V_1 \Delta T}}, \text{ мг/м}^3,$$

де  $M$  – масовий фактичний викид шкідливої речовини, г/с;

$H$  – висота джерела викиду, м;

$V_1$  – об'ємні витрати газоповітряної суміші, які визначають за формулою:

$$V_i = \frac{\pi D^2}{4} \cdot \omega_0, \text{ м}^3/\text{с}.$$

$\Delta T$  – різниця температур газоповітряної суміші і температури атмосферного повітря,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$$\Delta T = T_{\text{enc}} - T_{\text{в}}, \text{ } ^{\circ}\text{C};$$

$T_{\text{enc}}$  – температура викиду газоповітряної суміші,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$T_{\text{в}}$  – температура навколишнього повітря,  $^{\circ}\text{C}$ , яка дорівнює середній максимальній температурі повітря найбільш спекотного місяця року;

$A$  – коефіцієнт, який залежить від температурної стратифікації атмосфери,  $\text{с}^{2/3} \cdot \text{град}^{1/3} \cdot \text{мг/г}$ .

Розрахунок коефіцієнтів  $A$ ,  $F$ ,  $\varphi$ ,  $f$ ,  $m$ ,  $n$  виконується відповідно до вказівок до рішення задачі №1.

Якщо  $f > 100$  чи  $\Delta T = 0$  (для холодних викидів) та  $V_m \geq 0,5$ , для розрахунку  $C_m$  використовується формула:

$$C_m = \frac{A \cdot M \cdot F \cdot n \cdot \varphi}{H^{\frac{3}{4}}} \cdot K, \text{ мг/м}^3,$$

$$K = \frac{D}{8 \cdot V_1}.$$

Причому  $n$  визначається при  $V_m = V_m^I$ .

Аналогічно при  $f < 100$  та  $V_m < 0,5$  або  $f > 100$  та  $V_m^I < 0,5$  розрахунок виконується за формулою:

$$C_m = \frac{A \cdot M \cdot F \cdot m^1 \cdot \varphi}{H^{\frac{1}{3}}}.$$

Якщо  $f < 100$  та  $V_m < 0,5$ , то  $m^1 = 2,86m$ ,

якщо  $f > 100$  та  $V_m^I < 0,5$ , то  $m^1 = 0,9m$ .

Після визначення максимальних приземних концентрацій їх необхідно порівняти з  $ГДК_{\text{мах.раз}}$ . (див. табл. 3.4).

Відстань від джерела викиду, на якій приземна концентрація при несприятливих метеорологічних умовах досягає максимального значення, визначається за формулою:

$$X_M = \frac{5-F}{4} * d * H, \text{ м},$$

де безрозмірний коефіцієнт  $d$  при  $f < 100$  знаходиться наступним чином:

якщо  $V_m \leq 0,5$ , то  $d = 2,48 * (1 + 0,28 * \sqrt[3]{f})$ ,

якщо  $0,5 < V_m < 2$ , то  $d = 4,95 * V_m (1 + 0,28 * \sqrt[3]{f})$ ,

якщо  $V_m \geq 2$ , то  $d = 7 * \sqrt{V_m} (1 + 0,28 * \sqrt[3]{f})$ .

Якщо  $f > 100$  чи  $\Delta T = 0$  (для холодних викидів) безрозмірний коефіцієнт  $d$  визначається:

якщо  $V_m^I \leq 0,5$ , то  $d = 5,7$ ,

якщо  $0,5 < V_m^I < 2$ , то  $d = 11,4 * V_m^I$ ,

якщо  $V_m^I > 2$ , то  $d = 16\sqrt{V_m^I}$ .

Значення небезпечної швидкості вітру на рівні флюгера  $u_m$  (м/с), при якій досягається найбільше значення приземної концентрації шкідливої речовини  $C_M$  у випадку  $f < 100$ , визначається таким чином:

якщо  $V_m \leq 0,5$ , то  $u_m = 0,5$ ,

якщо  $0,5 < V_m < 2$ , то  $u_m = V_m$ ,

якщо  $V_m \geq 2$ , то  $u_m = V_m (1 + 0,12\sqrt{f})$ .

Якщо  $f > 100$  чи  $\Delta T = 0$  (для холодних викидів),  $u_m$  (м/с) визначається:

якщо  $V_m^I \leq 0,5$ , то  $u_m = 0,5$ ,

якщо  $0,5 < V_m^I < 2$ , то  $u_m = V_m^I$ ,

якщо  $V_m^1 > 2$ , то  $u_m = 2,2 * V_m^1$ .

При небезпечній швидкості вітру  $u_m$  приземна концентрація шкідливої речовини  $C$  (мг/м<sup>3</sup>) в атмосфері по осі смолоскипу на різноманітних відстанях  $X$  (м) від джерела викиду визначається за формулою:

$$C = C_m S_1,$$

де  $S_1$  – безрозмірний коефіцієнт, який визначається, в залежності від співвідношення  $X/X_m$  та коефіцієнта  $F$ , наступним чином:

$$\text{якщо } X/X_m \leq 1, \text{ то } S_1 = 3 \left( \frac{X}{X_m} \right)^4 - 8 \left( \frac{X}{X_m} \right)^3 + 6 \left( \frac{X}{X_m} \right)^2,$$

$$\text{якщо } X/X_m \leq 8, \text{ то } S_1 = \frac{1,13}{0,13 \left( \frac{X}{X_m} \right)^2 + 1},$$

$$\text{якщо } X/X_m > 8 \text{ та } F \leq 1,5, \text{ то } S_1 = \frac{\frac{X}{X_m}}{3,58 \left( \frac{X}{X_m} \right)^2 - 35,2 \left( \frac{X}{X_m} \right) + 120},$$

$$\text{якщо } X/X_m > 8 \text{ та } F > 1,5, \text{ то } S_1 = \frac{1}{0,1 \left( \frac{X}{X_m} \right)^2 + 2,47 \left( \frac{X}{X_m} \right) - 17,8}.$$

### Задача 6

Розрахувати величину збитку, який нанесено навколишньому середовищу в результаті забруднення водоймищ, використовуючи для цього величини питомих збитків, які нанесені 1 т шкідливої речовини  $i$ -того типу в  $k$ -ту водогосподарчу ділянку або величини питомих збитків, які спричинені скиданням 1 м<sup>3</sup> наведеного об'єму стічних вод у  $k$ -ту водогосподарчу ділянку.



Таблиця 3.11 – Вихідні дані до задачі 6

№№ вар.	Забруднювач	m <sub>i</sub> , т/рік	E <sub>кi</sub> , грн/м <sup>3</sup>	C <sub>i</sub> , мг/л	V <sub>г</sub> , м <sup>3</sup> /добу
1	Фенол	20	5,7	20	5000
	Ртуть 2+	500	2,3	50	
2	Сульфати	200	2,5	10	4500
	Залізо 3+	120	3,5	12	
3	Алкілсульфати	1000	6,0	250	4000
	Нікель 2+	2500	9,0	150	
4	Нафта	700	10,0	300	3000
	Кадмій 2+	5	22,0	20	
5	Ртуть 2+	200	10,0	30	2500
	Свинець 2+	330	8,8	25	
6	Нікель 2+	150	3,5	15	4500
	Мідь 2+	120	4,0	45	
7	Сульфати	560	2,5	516	3000
	Нафта	600	10,0	60	
8	Миш'як 3+	130	15,4	10	2700
	Хлориди	160	2,1	149	
9	Ртуть 2+	6	0,98	1	3500
	Нікель 2+	150	2,3	20	
10	Феноли	35	0,57	140	6700
	ПАР	45	6,9	357	
11	Свинець 2+	350	8,8	30	3000
	ПАР	2400	6,0	150	
12	Ртуть 2+	50	10,0	12	4500
	Нікель 2+	60	30,0	24	
13	Хром 3+	500	9,8	2	6000
	Феноли	320	9,0	3	
14	Роданіди	230	2,3	1	8000
	Нафта	450	3,5	45	
15	Хром 6+	140	8,8	15	1500
	Ціаніди	100	15,4	10	
16	Нітрати	1300	3,5	30	1400
	Свинець 2+	24	4,5	350	
17	Нітриди	50	9,8	30	2800
	Сульфати	320	2,5	535	
18	Нафта	140	10,0	25	2600
	Хром 3+	24	50,0	36	
19	Нітрати	400	3,5	45	6500
	Алкілсульфати	300	6,0	399	
20	Ртуть 2+	130	10,0	2	6000
	Хром 6+	145	12,0	12	

Вказівки до рішення задачі

Загальну величину збитку, нанесеного навколишньому середовищу в результаті забруднення водойм, визначають за формулою:

$$Y = \sum Y_{\kappa(i)} \cdot m_{(i)}, \text{ грн/рік},$$

де  $U_{k(i)}$  – величина питомого збитку, заподіяного скиданням 1 т шкідливої речовини *i-того* типу в *k-ту* водогосподарчу ділянку, грн/т;  
 $m_{(i)}$  – загальна маса річного скидання шкідливої речовини *i-того* типу різними джерелами забруднення в *k-ту* водогосподарчу ділянку, т/рік.

$$U_{k(i)} = E_{k(i)} \cdot \Pi_{q(i)},$$

де  $E_{k(i)}$  – величина питомого збитку, заподіяного скиданням 1 м<sup>3</sup> наведеного об'єму стічних вод в *k-ту* водогосподарчу ділянку, грн/м<sup>3</sup>;  
 $\Pi_{q(i)}$  – загальний річний наведений об'єм стічних вод, що містить шкідливу речовину *i-того* типу, що скидається в *k-ту* водогосподарчу ділянку, м<sup>3</sup>/рік.  $\Pi_{q(i)}$  розраховують за формулою:

$$\Pi_{q(i)} = \frac{(c_i - ГДК_i)}{ГДК_i} \cdot V_g,$$

де  $c_i$  – концентрація шкідливої речовини *i-того* типу в стічних водах, мг/л;  
 $ГДК_i$  – гранично припустима концентрація шкідливої речовини *i-того* типу для даної категорії водойми, мг/л;  
 $V_g$  – об'ємні річні витрати стічних вод, м<sup>3</sup>/рік.

У розрахунку для парних варіантів приймається, що скидання здійснюється в річку II категорії водокористування, а для непарних варіантів – в річку I категорії (див. табл. 3.7).

### Задача 7

На підприємство було накладено штраф за забруднення водоймища. У зв'язку з цим, підрозділам підприємства необхідно виконати:

- розрахунки водоспоживання;
- оцінку збитку від скидання у річку забруднених стоків;
- визначити необхідну якість очищення стічних вод;
- визначити групу основних забруднювачів за фазово-дисперсним складом;

- запропонувати схему очищення стічних вод, дати характеристику обраних видів очищення та типів споруд для очищення.

В таблиці 3.12 наведено кількість продукції за рік  $i$ -того типу  $m_i$  (т/рік), норма водоспоживання на виробництво кожного типу продукції  $M_i$  ( $\text{м}^3/\text{т}$ ), шкідливі речовини та їх концентрації в стоці підприємства  $C_i$  (мг/л), витрати води у річці  $Q$  ( $\text{м}^3/\text{добу}$ ), коефіцієнт змішання  $\gamma$ , який враховує особливості водотоку, розміри часток у стічній воді, см, фонові концентрації шкідливої речовини  $i$ -того типу  $C_{\text{ф}i}$  (мг/л) у річці.

Таблиця 3.12 – Вихідні дані до задачі 7

№№ вар.	$m_i$ , т/рік	$M_i$ , $\text{м}^3/\text{т}$	$C_1$ , мг/л $C_2$ , мг/л	$C_{\text{ф}}$ , мг/л	$Q$ , $\text{м}^3/\text{добу}$	$\gamma$	Розмір часток у стічній воді, см
1	10 70	11 2	Хром(3+), 10 Нафта, 100	0,01 0,2	3000	0,3	$10^{-5}$ $10^{-7}$
2	77 283	810 65	Мідь (2+), 5 Сульфати, 748	0,01 120	8000	0,6	$10^{-7}$ $10^{-7}$
3	75 26	579 9	Хром (3+), 67 Хлориди, 146	0,02 45	1000	0,1	$10^{-7}$ $10^{-7}$
4	90 70	14 8	Нітрати, 57 Кадмій (2+), 8	25 0	2600	0,6	$10^{-7}$ $10^{-7}$
5	800 600	10 7	Алкілсульфати, 45 Цинк (2+), 9	0 0	5200	0,1	$10^{-6}-10^{-7}$ $10^{-7}$
6	1000 60	50 9	Хлориди, 279 Кадмій (2+), 5	65 0	7700	0,2	$10^{-7}$ $10^{-7}$
7	480 250	4 16	Нафта, 250 Ціаніди, 3	0,1 0,02	7000	0,8	$10^{-5}$ $10^{-7}$
8	120 150	48 50	Нафта, 280 Хром (6+), 2,5	0,02 0	2000	0,9	$10^{-5}$ $10^{-7}$
9	60 72	54 85	Нафта, 28 Кадмій (2+), 5	0 0	1000	0,2	$10^{-5}$ $10^{-7}$
10	360 400	3 12	Хром (6+), 8 Ціаніди, 7	0 0,01	1050	0,25	$10^{-7}$ $10^{-7}$
11	250 405	14 3	Роданіди, 150 ПАР, 300	0,01 0	1100	0,1	$10^{-7}$ $10^{-6}-10^{-7}$
12	460 520	47 54	Нікель (2+), 15 Нітрати, 40	0 23	7030	0,3	$10^{-7}$ $10^{-7}$
13	300 250	32 30	Мідь (2+), 45 Алкілсульфати, 79	0 0	10000	0,15	$10^{-7}$ $10^{-6}-10^{-7}$
14	120 300	425 150	Хром (6+), 2 Цинк (2+), 78	0 0	10500	0,7	$10^{-7}$ $10^{-7}$
15	100 92	400 320	Ртуть (2+), 6 Миш'як (3+), 2	0 0	7900	0,2	$10^{-6}-10^{-7}$ $10^{-6}-10^{-7}$
16	180 200	410 125	Роданіди, 87 Мідь (2+), 24	0 0	3000	0,8	$10^{-7}$ $10^{-7}$
17	60 90	48 52	Хлориди, 500 Миш'як (3+), 10	56 0	2300	0,1	$10^{-7}$ $10^{-6}-10^{-7}$
18	80 75	450 370	Алкілсульфати, 90 Хлориди, 300	0 34	1000	0,2	$10^{-6}-10^{-7}$ $10^{-7}$
19	240 98	100 220	Нікель (2+), 100 Нітрати, 80	0 67	1600	0,7	$10^{-7}$ $10^{-7}$
20	330 200	460 1800	Сульфати, 600 Свинець (2+), 60	74 0	7000	0,2	$10^{-7}$ $10^{-7}$

### Вказівки до рішення задачі

Добове водоспоживання розраховується за формулою:

$$Q_{\text{доб}} = \sum_{i=0}^n \left( \frac{m_i \cdot M_i}{257} \right), \text{ м}^3/\text{добу},$$

де  $m$  – норма водоспоживання,  $\text{м}^3/\text{т}$ ;  
 $M$  – кількість продукції за рік,  $\text{т}/\text{рік}$ ;  
257 – число робочих днів за рік.  
Річне водоспоживання:

$$Q_{\text{річ}} = \sum_{i=0}^n (m_i \cdot M_i), \text{ м}^3/\text{рік}.$$

Розрахунок загальної величини збитку від забруднення водойми:

$$Y = y^* \cdot \sigma_k \cdot P, \text{ грн}/\text{рік},$$

де  $y^*$  – питомий збиток, заподіяний народному господарству скиданням у водойми однієї тонни умовної шкідливої речовини ( $y$  дорівнює 400 грн/ум. т);  
 $\sigma_k$  – показник відносної небезпеки забруднення водойми;  
 $P$  – приведена маса речовин, що скидаються у водойми на протязі року, ум. т/рік.

Значення  $\sigma_k$  для різних водогосподарчих ділянок наведені в таблиці 3.9. Для розв'язання задачі приймаємо, що скидання здійснюється в річку Дніпро у Дніпропетровській області.

Наведена річна маса забруднюючих речовин може бути розрахована за формулою:

$$P = \sum (A_i \cdot m_i), \text{ ум. т}/\text{рік},$$

де  $A_{(i)}$  – показник відносної агресивності шкідливої речовини  $i$ -того виду, ум. т/т;

$m_{(i)}$  – маса  $i$ -тої шкідливої речовини, яка скидається у водойму на протязі року, т/рік.

Значення  $A_{(i)}$  пов'язане з величиною  $ГДК_{ер(i)}$  співвідношенням:

$$A_i = \frac{1}{ГДК_{ер(i)}}, \text{ ум. } m/m,$$

де  $ГДК_{ер(i)}$  – гранично допустима концентрація  $i$ -тої шкідливої речовини у водоймах рибогосподарського призначення, мг/л.

Значення  $ГДК_{ер(i)}$  наведені в таблиці 3.7.

Маса  $i$ -тої шкідливої речовини, яка скидається у водойму на протязі року, визначається за формулою:

$$m_i = C_i * Q_{річ.}, \text{ т/рік},$$

де  $C_i$  – концентрація домішок (шкідливих речовин) у стічній воді, т/м<sup>3</sup>;

$Q_{річ.}$  – водоспоживання за рік, м<sup>3</sup>/рік.

Зв'язок між санітарними вимогами до скидання стічних вод у відкриті водойми та необхідним очищенням стічних вод перед скиданням визначається нерівністю:

$$C_{сті} * Q_{ст} + C_{фі} * \gamma * Q < (\gamma * Q + Q_{ст}) * ГДК,$$

де  $C_{сті}$  – концентрація шкідливої речовини, при якій не будуть перевищені ГДК шкідливої речовини при скиданні у водойму, м<sup>3</sup>/добу;

$Q_{ст}$  – водоспоживання за добу чи за рік, м<sup>3</sup>/добу чи м<sup>3</sup>/рік;

$Q$  – витрати води у річці, м<sup>3</sup>/добу;

$\gamma$  – коефіцієнт змішання води у водоймі;

$C_{фі}$  – фонові концентрації шкідливої речовини  $i$ -того типу, мг/м<sup>3</sup>.

Для визначення групи основних забруднюючих речовин за фазово-дисперсним складом треба користуватися таблицею 3.13, де наведено класифікацію домішок стічних вод за їх фазово-дисперсним складом за Л.А. Кульським.

Таблиця 3.13 – Класифікація домішок стічних вод за їх фазово-дисперсним складом (Л.А. Кульський)

Група	Розмір часток, см	Характеристика домішок
Гетерогенні системи		
1 – зважені домішки	$10^{-5}$	Суспензії та емульсії, які надають воді каламутність; мікроорганізми та планктон
2 – колоїдне розчинені речовини	$10^{-5}$ - $10^{-6}$	Колоїди та високомолекулярні сполуки, які зумовлюють окиснюваність та кольоровість води; віруси
Гомогенні системи		
3 – молекулярні розчини	$10^{-6}$ - $10^{-7}$	Гази, які розчиняються у воді; органічні речовини, які надають воді запах та присмак
4 – іонні розчини	$10^{-7}$	Солі, основи, кислоти, які надають воді мінералізацію жорсткість, мутність, кислотність

Найпростіша схема очищення стоків повинна складатися з трьох ступенів. Перший ступінь – механічне очищення (незалежно від того є домішки, які видаляються таким шляхом, чи ні), другий ступінь – очищення води від основної групи забруднень, третій ступінь – доочищення води. Апарати, які складатимуть схему очищення стоків, обираються за допомогою таблиці 3.14 згідно з рекомендованими методами очищення для кожної групи домішок.

Таблиця 3.14 – Рекомендовані методи очищення води для кожної групи домішок

Процес	Технологічний засіб	Область застосування	Склад очищувальних споруд	Ступінь очищення, %
1	2	3	4	5
Методи очищення води від домішок 1 групи				
Механічне очищення	Відстоювання	Грубодисперсні домішки ( $> 500$ мг/л)	Відстійники різних типів	50-80
	Фільтрування	Зважені речовини до 50-100 мг/л, планктон	Фільтри різних типів	60-99
	Центрифугування	Грубо- та тонкодисперсні домішки	Центрифуги, гідроциклони	80-90
Фізико-хімічне очищення	Флотація	Гідрофобні зважені частки, планктон, нафтопродукти, ПАВ, мастила	Флотатори різноманітних конструкцій	95
Хімічне очищення	Коагуляція, флокуляція	Тонкодисперговані зважені частки	Реагентні господарства, змішувачі, камери хлоп'єутворення, відстійні споруди	90-99

Закінчення таблиці 3.14

1	2	3	4	5
Бактерицидне очищення	Обробка окиснювачами, іонами важких металів, УФ променями, ультразвуком, кип'ятінням	Мікроорганізми	Спори для очистки	99-100
Методи очищення води від домішок 2 групи				
Хімічне очищення	Коагуляція, флокуляція	Колоїдне розчинені речовини та високомолекулярні сполуки, що надають воді кольоровість	Реагентні господарства, змішувачі, камери хлоп'єутворення, відстійні споруди	90-99
	Окиснення	Колоїдна органіка	Спори для очистки	100
Фізико-хімічне очищення	Адсорбція	Органічні сполуки	Адсорбційні фільтри	90-99
Біохімічне очищення	Аеробне очищення	Органічні сполуки	Аеротенки, біофільтри	90-98
Бактерицидне очищення	Віруліцидна обробка	Віруси	Спори для очистки	100
Методи очищення води від домішок 3 групи				
Фізико-хімічне очищення	Аерування	Гази та летючі органічні сполуки, які надають воді запахи та присмаки	Аератори, дегазатори	80
	Адсорбція	Молекулярні домішки	Адсорбційні фільтри	90-99
	Екстракція	Органічні сполуки	Екстракційні колони	80-90
	Евапорація	«Летючі» домішки	Випарні колони	90-99
	Ультрафільтрація	Молекулярні домішки	Ультрафільтраційні колонки	99
Хімічне очищення	Окиснення	Органічні сполуки	Спори для очистки	100
Біохімічне очищення	Аеробне очищення	Органічні сполуки	Аеротенки, біофільтри	90-98
Методи очищення води від домішок 4 групи				
Хімічне очищення	Обробка реагентами	Перетворення іонів в малорозчинні сполуки	Хімічні реактори, реагентне господарство, відстійні споруди	До 100
Фізико-хімічне очищення	Іонний обмін	Виділення з води розчинених солей	Іонообмінні фільтри	До 100
	Зворотній осмос	Виділення з води розчинених солей	Пристрій з напівпроникними мембранами	До 100
Електрохімічне очищення	Електродіаліз	Очищення від різних іонів	Електродіалізатор	80-90
Фізичне очищення	Нагрів води	Видалення солей карбонатної жорсткості	Спори для очистки	-
	Зміна фазового стану води	Очищення від різних іонів	Спори для очистки	-
	Магнітна обробка	Очищення від різних іонів	Спори для очистки	-
Біохімічне очищення	Аеробне очищення	Очищення від іонів заліза, сульфатів, хроматів, нітратів	Аеротенки, біофільтри	90-98

Схему необхідно накреслити. Охарактеризувати апарати, які входять до її складу. Привести схеми чи креслення цих апаратів та принцип їх роботи.

### Задача 8

Зробити укрупнену оцінку збитків, які наносяться навколишньому середовищу в результаті забруднення поверхні Землі твердими відходами. В таблиці 3.15 наведені вихідні дані до задачі згідно з варіантом: маса твердих відходів за рік  $m$  (т/рік), відстань, на яку відходи перевозяться, місто розташування полігону твердих побутових відходів, нормативний коефіцієнт економічної ефективності питомих капітальних витрат  $E_n$ , висота відходів, які складаються з урахуванням ущільнення  $H$  (м), площа землі, яка використовується для поховання 1 т твердих побутових відходів  $S$  (га/т).

Таблиця 3.15 – Вихідні дані до задачі 8

№№ вар.	$m$ , т/рік	Відстань, на яку відходи перевозяться, км	Місто розташування полігону твердих побутових відходів	$E_n$	$H$ , м	$S$ , га/т
1	10000	24	Київ	0,1	4,0	0,00002
2	11000	30	Дніпро	0,11	10,0	0,00001
3	12000	40	Львів	0,8	25,0	0,0002
4	13000	50	Харків	0,2	4,0	0,000021
5	15000	60	Вінниця	0,3	10,0	0,000022
6	9000	70	Одеса	0,4	25,0	0,000043
7	4000	80	Миколаїв	0,21	4,0	0,000034
8	5000	90	Херсон	0,31	10,0	0,000065
9	7000	100	Чернівці	0,44	25,0	0,000076
10	2000	24	Луганськ	0,5	4,0	0,000027
11	3000	50	Донецьк	0,01	10,0	0,000088
12	12500	70	Рівне	0,23	25,0	0,000099
13	7800	90	Кропивницький	0,35	4,0	0,000013
14	5300	30	Черкаси	0,7	10,0	0,000016
15	4200	70	Тернопіль	0,6	25,0	0,000039
16	20000	95	Кам'янське	0,23	10,0	0,00002
17	3400	67	Кременчук	0,9	4,0	0,00001
18	2399	20	Чернігів	0,85	25,0	0,0002
19	4578	500	Ужгород	0,66	10,0	0,000021
20	45000	450	Мукачеве	0,15	4,0	0,000022



### Вказівки до рішення задачі

Укрупнену оцінку збитку, нанесеного навколишньому середовищу в результаті забруднення поверхні Землі твердими відходами, визначають за формулою:

$$U = U_n \cdot m, \text{ грн/рік},$$

де  $U_n$  – питомий збиток від потрапляння в навколишнє середовище 1 т твердих відходів, грн/т;

$m$  – маса твердих відходів, які утворені за рік, т/рік.

Питомий збиток від потрапляння в навколишнє середовище твердих відходів виробництва й споживання (без обліку вторинного забруднення) може бути виражений через витрати на видалення, знешкодження й поховання твердих відходів, а також через вартість землі, що відчужується для цих цілей й витрат на її санітарно-гігієнічну рекультивацію:

$$U_n = U_{\text{вид}} + U_T, \text{ грн/т},$$

де  $U_{\text{вид}}$  – витрати на видалення, знешкодження й поховання 1 т твердих відходів, грн/т;

$U_T$  – збиток, нанесений народному господарству вилученням території під складування, створення відвалів, поховання 1 т твердих відходів з наступною їхньою санітарно-гігієнічною рекультивацією, грн/т.

Для розрахунку  $U_{\text{вид}}$  використовують формулу:

$$U_{\text{вид}} = Z_T + C_C + E_H \cdot K_C,$$

де  $Z_T$  – поточні витрати на видалення 1 т твердих відходів (транспортування відходів, вантажно-розвантажувальні роботи), грн/т (див. табл. 3.16).

$C_C$  – експлуатаційні витрати, які пов'язані з розміщенням 1 т твердих відходів на смітниках або у відвалах, а також зі знешкодженням або знищенням твердих відходів у спеціальних установках, грн/т (див. табл. 3.17);

$E_n$  – нормативний коефіцієнт економічної ефективності питомих капітальних витрат;

$K_c$  – питомі капітальні витрати на спорудження систем видалення, знешкодження, складування або знищення твердих відходів, грн/т (див. табл. 3.18).

Таблиця 3.16 – Поточні витрати на видалення 1 т твердих відходів (транспортування відходів, вантажно-розвантажувальні роботи)

Відстань перевезення, км	З <sub>т</sub> , грн/т	Відстань перевезення, км	З <sub>т</sub> , грн/т
24	7,00	70	8,48
30	7,24	80	8,78
40	7,58	90	9,08
50	7,88	100	9,38
60	8,18	-	-

Таблиця 3.17 – Експлуатаційні витрати, пов'язані з розташуванням 1 т твердих відходів на смітниках або у відвалах, а також зі знешкодженням або знищенням твердих відходів у спеціальних установках

Місто	С <sub>с</sub> , грн/т	Місто	С <sub>с</sub> , грн/т
Київ	0,147	Чернівці	0,25
Дніпро	0,33	Луганськ	0,1
Львів	0,56	Донецьк	0,27
Харків	0,9	Рівне	0,15
Вінниця	0,475	Кіровоград	0,19
Одеса	0,347	Черкаси	0,2
Миколаїв	0,57	Тернопіль	0,3
Херсон	0,37	Кам'янське	0,3
Кременчук	0,22	Ужгород	0,6
Чернігів	0,32	Мукачеве	0,54

Таблиця 3.18 – Орієнтовні питомі експлуатаційні витрати й капітальні витрати на знешкодження, складування або знищення твердих відходів

Основні показники	Висота складованих відходів з урахуванням повного ущільнення за весь період експлуатації полігона, м		
	4,0	10,0	25,0
Експлуатаційні витрати (С <sub>с</sub> ), грн/т	0,6-0,7	0,5-0,6	0,4-0,5

У загальні витрати на видалення твердих відходів включені витрати на вантажно-розвантажувальні роботи, що становлять 5,68 грн/т відходів.

Величину  $Y_T$  розраховують за формулою:

$$Y_T = (Z_3 + Z_p) \cdot S, \text{ грн/т},$$

де  $Z_3$  – економічна оцінка 1 га землі за нормативами витрат на відшкодування втрат сільськогосподарського виробництва, грн/га (див. табл. 3.19);

$Z_p$  – усереднені витрати на санітарно-гігієнічну рекультивацію 1 га землі (2618 грн/га).

Таблиця 3.19 – Економічна оцінка 1 га землі за нормативами витрат на відшкодування втрат сільськогосподарського виробництва

Економічний район	Середньозважена вартість с/г угідь на 2000 р., тис. грн/га	Економічний район	Середньозважена вартість с/г угідь на 2000 р., тис. грн/га
Північ: Чернігівська, Сумська обл.	15,1 15,6	Схід: Харківська, Луганська, Донецька обл.	20,1 18,9 19,0
Захід: Ужгородська, Львівська, Івано-Франківська, Чернівецька, Луцька, Рівненська, Тернопільська, Хмельницька, Вінницька обл.	19,7 31,4 25,7 23,5 24,0 22,1 24,5 23,9 24,3	Центральний у т.ч. Київська, Житомирська, Черкаська, Полтавська, Кіровоградська, Дніпропетровська обл.	32,5 18,9 15,1 23,5 19,5 30,7
Південь: Миколаївська, Одеська, Херсонська, Запорізька обл.	11,2 17,3 13,2 12,0	АР Крим	25,3

## РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Стадницький Г.В. Екологія. – Санкт-Петербург: Химиздат, 2002. – 288 с.
2. Лук'янова Л.Б. Основи екології: Навч. посіб. – К.: Вища шк., 2000. – 327 с.
3. Анісімова С.О., Риболова О.В., Поддашкін О.В. Екологія. – К.: Грамота, 2001. – 136 с.
4. Кучерявий В.Л. Екологія. – Львів: Світ, 2000. – 500 с.
5. Білявський Г.О., Падун М.М., Фурдуй Г.С. Основи загальної екології. – К: Либідь, 1995. – 368 с.
6. Экология / под ред. С.А. Боголюбова. – М: Знание, 1997. – 286 с.
7. Коробкин В.И., Передельский Л.В. Экология. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2001. – 576 с.
8. Ілюха В.О., Дерій І.С. Основи екології. – К: Фітосоціоцентр, 2000. – 200 с.
9. Вернадский В.И. Биосфера. – М.: Мысль, 1967. – 376 с.
10. Вернадский В.И. Химическое строение биосферы Земли и её окружения. – М.: Наука, 2001. – 376 с.
11. Словарь-справочник по экологии / К.М. Сытник, А.В. Брайон, А.В. Гордецкий и др. – К.: Наук. думка, 1994. – 663 с.
12. Мусієнко М.М., Серебряков В.В., Брайон О.В. Екологія. Охорона природи: Словник-довідник. – К.: Знання, 2002. – 550 с.
13. Назарук М.М. Основи екології та соціоекології. – Львів: Афіша, 1999. – 255 с.
14. Костицын В.А. Эволюция атмосферы, биосферы и климата. – М.: Наука, 1984. – 96 с.
15. Серебряков В.В. Основи екології: Підручник. – К.: Знання-Прес, 2002. – 300 с.
16. Зверев А.Т. Основные законы экологии. – М.: Издат. дом Паганель, 2009. – 171 с.
17. Кондратюк Е.М., Хархота Г.І. Словник-довідник з екології. – К.: Урожай, 1987. – 147 с.
18. Реймерс Н.Ф. Природопользование: Словарь-справочник. – М.: Мысль, 1990. – 639 с.
19. Запольський А.К., Салюк А.І. Основи екології. – К.: Вища шк., 2004. – 382 с.
20. Білявський Г.О., Бутченко Л.І. Основи екології: теорія та практикум. – К.: Лібра, 2004. – 368 с.

21. Родионов А.И., Клушин В.Н., Торочешников Н.С. Техника защиты окружающей среды. – М.: Химия, 1989. – 512 с.
22. Клименко Л.П. Техноекологія: Посібник. – Сімферополь: Таврія, 2000. – 542 с.
23. Мазур И.И., Молдаванов О.М. Курс инженерной экологии. – М.: Высшая школа, 1999. – 447 с.
24. Генсірук С.А. Регіональне природокористування. – Львів: Світ, 1992. – 336 с.

## ЗМІСТ

Вступ.....	3
1 Робоча програма дисципліни.....	3
1.1 Мета та завдання.....	3
1.2 Зміст дисципліни.....	4
1.3 Практичні заняття.....	7
2 Теоретичні питання для підготовки до заліку.....	7
3 Методичні вказівки до виконання індивідуального завдання.....	9
3.1 Загальні вимоги.....	9
3.2 Варіанти індивідуального завдання (теоретична частина).....	10
3.3 Варіанти індивідуального завдання (розрахункова частина).....	39
3.4 Задачі до розрахункової частини індивідуального завдання та вказівки до їх рішення.....	40
Рекомендована література.....	76