

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.07- 05.02/2/103.00.1/Б/ВК- 5.1-2023
	Екземпляр № 1	Арк 50 / 1

## **ЗАТВЕРДЖЕНО**

Науково-методичною радою  
Державного університету  
«Житомирська політехніка»  
протокол від 2023 р. №

## **ПРОЕКТ**

### **МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ для проведення практичних занять з навчальної дисципліни «ВОДНІ ТА ЗЕМЕЛЬНІ ОБ'ЄКТИ УРБАНІЗОВАНИХ ТЕРИТОРІЙ»**

для здобувачів вищої освіти освітнього ступеня «бакалавр»  
спеціальності 103 «Науки про Землю»  
освітньо-професійна програма «Управління земельними і водними ресурсами»  
факультет гірничої справи, природокористування та будівництва  
кафедра екології та природоохоронних технологій

Рекомендовано на засіданні кафедри  
екології та природоохоронних  
технологій від  
2023 р., протокол №

Розробник: к.б.н., доц., доц. кафедри екології та природоохоронних технологій АЛПАТОВА

Оксана

Житомир  
2023

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.07- 05.02/2/103.00.1/Б/ВК- 5.1-2023
	<i>Екземпляр № 1</i>	<i>Арк 50 / 2</i>

Методичні рекомендації призначені для проведення практичних занять з навчальної дисципліни «Водні та земельні об'єкти урбанізованих територій» для здобувачів вищої освіти освітнього ступеня «бакалавр» денної та заочної форми навчання спеціальності 103 «Науки про Землю» освітньо-професійна програма «Управління земельними і водними ресурсами». Житомир, Житомирська політехніка, 2023. 50 с.

**Рецензенти:**

к.т.н., доцент кафедри наук про Землю СКИБА Галина

к.с.-г.н., доцент кафедри екології та природоохоронних технологій ВАЛЕРКО Руслана

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.07- 05.02/2/103.00.1/Б/ВК- 5.1-2023
	Екземпляр № 1	Арк 50 / 3

## ЗМІСТ

Вступ	4
<b>1. Практичні роботи</b>	<b>6</b>
Практична робота № 1. Дослідження зонального розподілу території міста	6
Практична робота № 2. Дослідження геологічного середовища міста	8
Практична робота № 3. Вивчення антропогенних порушень ґрунтів	12
Практична робота № 4. Дослідження особливостей ерозійних процесів у містах	16
Практична робота № 5. Оцінка сумарного забруднення ґрунтового покриву важкими металами	18
Практична робота № 6. Класифікація і номенклатура ґрунтів, що рекультивуються	19
Практична робота № 7. Біотестування фітотоксичності ґрунту за проростанням насіння крес-салату	22
Практична робота № 8. Дослідження водного середовища міста	24
Практична робота № 9. Визначення порядкової класифікації водних потоків	27
Практична робота № 10. Кількісні характеристики водного потоку: витрати води та річковий стік	31
Практична робота № 11. Оцінювання кількісного та якісного виснаження поверхневих та підземних вод	36
Практична робота № 12. Розрахунок фракційного складу завислих речовин у стічних водах	38
Практична робота № 13. Визначення необхідного ступеня очищення виробничих стічних вод	41
Практична робота № 14. Визначення умов скидання стічних вод у поверхневі водойми	46

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.07- 05.02/2/103.00.1/Б/ВК- 5.1-2023
	<i>Екземпляр № 1</i>	<i>Арк 50 / 4</i>

## ВСТУП

Інтенсивний розвиток науки дав поштовх до активації процесів урбанізації. Цей процес характеризується стрімким зростанням міського населення, розширенням міст та формуванням приміської зони для господарської діяльності. У свою чергу, це мало позитивні та негативні наслідки за рахунок збільшення кількості автомобілів і одиниць міського транспорту, споживання ресурсів та захвату територій. Відношення між містами, селищами, сільськими населеними пунктами і навколишнім природним середовищем є дуже складним і характеризується комплексністю і неоднорідністю. Його складові – це біотичні і абіотичні компоненти, що відрізняються фізично (газоподібні, рідні, тверді), згідно хімічного складу, інтенсивності обміну речовиною і енергією, різноманіттям зв'язків. Штучне міське середовище також має складний характер і володіє власними прямими і зворотними зв'язками, що є характерними для складної соціально-економічної багаторівневої територіальної системи.

**Метою дисципліни** «Водні та земельні об'єкти урбанізованих територій» є розширення знань студентів про роль урбанізації у формуванні міської і природної систем, проведення конструктивних досліджень водних та земельних об'єктів урбанізованих територій, а також оцінка ступеня екологічної безпеки господарської діяльності та екологічної ситуації водних та земельних ресурсів.

**Завданнями вивчення дисципліни** є ознайомлення студентів з масштабами та інтенсивністю антропогенної і техногенної дії на водні та земельні об'єкти урбанізованих територій, зокрема, зміни природно-просторових ресурсів міста, його геологічного та ґрунтового покриву, а також поверхневих і підземних вод, рослинного і тваринного світу та різні види забруднення.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.07- 05.02/2/103.00.1/Б/ВК- 5.1-2023
	Екземпляр № 1	Арк 50 / 5

## ПРАКТИЧНА РОБОТА № 1

### Дослідження зонального розподілу території міста

**Мета роботи:** дослідити зональний розподіл території міста.

#### Теоретичні відомості

Аналізуючи генезис ландшафту міста, можна зробити такі три головні висновки:

1. Культурний ландшафт є продуктом господарської діяльності людини. На формах ландшафту відбиваються рівень людської цивілізації, суспільно- економічні відносини й естетична думка того чи іншого періоду суспільного розвитку початку нинішнього століття, яка й дотепер має стихійний характер.

2. Зміни ландшафту відбуваються внаслідок трьох головних причин, які можуть діяти одночасно або окремо: а) стихійні — спонтанність забудови, характерна, наприклад, для індустріалізації кінця минулого і б) функціональні — пізнавальне цілеспрямоване перетворення ландшафту з урахуванням інтересів господарської діяльності та об'єктивних потенційних можливостей ландшафту; в) естетичні - відповідає естетичним потребам і нормам, існуючим в суспільстві.

3. Послідовність зміни типів ландшафтів може бути прогресивною і регресивною. Розвиток ландшафту, має послідовний характер: первісний - натуральний - культурний. Культурний ландшафт не може відразу відновитися в натуральний. Спочатку він має пройти стадію культурного гармонійного ландшафту, а тільки після цього можна створити натуральний ландшафт.

Сучасні ландшафти регіональних урбанізованих територій можна було б згрупувати в окремі типи з характерними контурами. Найбільшою одиницею вважають систему басейнових елементів, виділених за принципом територіально- генетичної однорідності. Кожний із типів вирізняється порушенням ареалу, їм відповідають різні форми рельєфу з неоднорідним субстратом, притаманні їм внутрішні морфологічні структури, подібні за ступенем розвитку.

Стосовно генезису рослинного покриву слід відзначити, що кожна епоха відрізняється як руйнівними, так і відновлювальними антропогенними модифікаціями, кількісними показниками приросту біомаси залежно від біогенних умов місцезростання.

Починаючи з пасовищного періоду до природних морфологічних контурів ландшафту поступово приєднуються штучні елементи. і все ж основні риси земної поверхні повністю зберігаються, зберігається і основний набір едификаторів, що регулюють екологічний режим (дубові, букові, соснові ліси). Розвиток поселень, головним чином міст, вносить значні зміни передусім у басейнову організацію природного ландшафту.

Кожний із культурних типів ландшафтів характеризується переважанням штучно-природних форм підстилаючої поверхні, де екологічний режим за ступенем і характером змін типізується на сільбищно-житловій, сільбищно-промислово-індустріальний, сільбищно-транспортно-шляховий, сільбищно-лісопарковий. У кожному конкретному випадку відзначаються антропогенні та супутні їм екзогенні зміни формування кар'єрів, западин, курганів, горбів, насипів, що не могло не призвести до зміни едафічних факторів. У сільбищно-житловому, сільбищно-промислово, сільбищно-транспортному типах ландшафтів у зв'язку із складністю контурів рельєфу в окремих випадках створюються конфліктні ситуації стосовно характеру використання кожної із функціональних територій. Особливу проблему створюють диспропорції забудованих і незабудованих територій, а точніше — вегетуючих і мертвих підстилаючих поверхонь, що пов'язано з умовами водозабезпечення, кліматичною комфортністю, забезпеченням населення зеленими насадженнями.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.07- 05.02/2/103.00.1/Б/ВК- 5.1-2023
	Екземпляр № 1	Арк 50 / 6

Виділення у містах типів урбаністичних ареалів є важливим моментом робіт, які включають створення науково-методичних основ досліджень процесу трансформації ландшафтів і їх компонентів.

Сучасна функціонально-типологічна організація ландшафтів багатьох міст пов'язана з інтенсивною забудовою приміських територій. Створення однотипних житлових масивів веде до посилення антропогенної контрастності з природною палітрою ландшафтів.

Отже, досліджуючи генезис компонентів ландшафту урбанізованих територій, пізнаємо ступінь динаміки їх розвитку, що особливо важливо при розробці перспективних містобудівельних планів.

Вибір критеріїв оцінки ступеня несприятливої трансформації компонентів базується на принципі співвідношення балів:

За 0 балів береться природний взаємозв'язок між компонентами ландшафту, тобто ландшафт непорушений або майже непорушений;

0 - 1 балів — має місце порушення окремих компонентів, але примітивна технічна озброєність не дала змоги порушити взаємозв'язки;

2 - 3 бали — техногенний вплив збільшується покомпонентно;

4 - 5 балів — помітне порушення компонентів ландшафту, перетворення досягає 25 — 30% при збереженні природного самовідновлення;

6 - 7 балів — перетворення становить 50%. Освоюються всі компоненти, порушуються природні зв'язки між ними, окремі компоненти потребують охорони;

8 - 9 балів — вплив урбанізації досягає 70 - 80%, відбувається повна перебудова окремих компонентів з порушенням ходу природних процесів. Відновлення потребує значних затрат і великого проміжку часу;

10 балів — компоненти повністю втягнені в процес господарського перетворення. Антропогенна діяльність вплинула на всі природні процеси. Зворотний локальний і регіональний зв'язки проявляються через рухливі компоненти ландшафту.

Беручи до уваги, що серед багаточисельних трансформацій енергії особливе місце посідають процеси утворення біомаси, важливого значення набуває питання про ступінь змін рослинного покриву. Якщо вважати біосферу компонентом ландшафту, за В.І. Вернадським, до неї також належить верхня частина земної кори, тобто та частина, де проходить активне життя організмів (включаючи нижню частину атмосфери, гідросферу і літогенну основу). Як виявляється, в кожному із типів ландшафтів, які попали в сферу антропогенної діяльності, відбулося порушення їхньої структури і динаміки: трансформуються лісові, степові, лучні та болотяні типи ландшафтів, що, як правило, призводять до зменшення біомаси. Це означає, що співвідношення оптимальної рівноваги перебуває на висхідній стадії розвитку, де зворотний взаємозв'язок природним шляхом може не відновитися. При цьому коефіцієнт трансформації в кожному із типів ландшафтів з лісовими, степовими, лучними, болотяними або водними угрупованнями буде залежати від функціональних механізмів переносу речовини енергії.

На міські ландшафти упродовж їх розвитку накладалися функціональні, естетичні та стихійні процеси. Перший процес причетний до формування усіх існуючих у містах функціональних, а також значної кількості напівфункціональних ландшафтів. Усі вони значною мірою узгоджені з естетичними впливами відповідних періодів розвитку того чи іншого міста. Однак взагалі їх характеризує певна функція, яку вони виконують на міській території, що дає змогу згрупувати їх в декілька категорій.

Урбанізовані ландшафти визначають основні риси обличчя міста. Вони складаються з житлової забудови міста, промислових територій, транспортних комунікацій, зелених масивів.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.07- 05.02/2/103.00.1/Б/ВК- 5.1-2023
	Екземпляр № 1	Арк 50 / 7

Індустріальні ландшафти мають свій силует. Як правило, вони займають значні території, часто відрізняються наявністю інтенсивних атмосферних забруднювачів. Проммайданчики та складські зони погано озеленені, на їх території переважає рудеральна рослинність.

Девастовані ландшафти найчастіше представлені кар'єрними виїмками та відвалами в зоні видобутку будівельних матеріалів – каменю, піску, глини. Часто займають значні території.

Рекреаційні ландшафти почали виділятися в 60 – 70 - х роках. З них можна виділити наступні: водно – паркові ансамблі міст; лісопарки; лугопарки, міські, заміські парки з рекреаційними функціями, благоустроєм і обладнанням (парки культури, сквери, спортивно – оздоровчі зони).

Комунікаційні стрічкові ландшафти являють собою специфічну форму антропогенного ландшафту, який розвивається у зв'язку з будівництвом, благоустроєм і озелененням залізниць і шосейних доріг. Сьогодні до цього типу ландшафтів ставляться вимоги рекреаційного характеру: посилення мальовничості шляхом ландшафтної реконструкції монотонних снігозахисних посадок, відкриття цікавих перспектив сусідніх ландшафтів і, навпаки, маскуванню девастованих ландшафтів.

Агрокультурні ландшафти складаються з ландшафтів поселень (села і хутори), виробничих зон, полів, луків і садів.

Ландшафти сільських поселень. Оскільки в приміських селах проживає значна кількість працездатного населення, яке працює у великих містах, особливу увагу приділяють створенню сприятливих умов для відпочинку. Озеленяють присадибні ділянки, створюють насадження загального користування.

Ландшафти промислових зон. Вони являють собою урбанізовані вкраплення у сільськогосподарські ландшафти. Рівень їх озеленення низький.

Ландшафти полів переважно зайняті зерновими та просапними агробіоценозами.

Помологічні (садові) ландшафти – це своєрідний тип ландшафтів, близький до лісо-садів або парків.

Лісогосподарські ландшафти – відзначаються лісистістю приміської зони, підвищують її виразність. Більшість з них виконує рекреаційні функції.

### **Порядок виконання роботи:**

1. Отримати планшет згідно варіанту, на якому зображена схема ділянки міста.
2. Згідно наведеної вище градації необхідно визначити, до якого типу ландшафтів відноситься ділянка міста. Зробити загальний опис типу ландшафтів даної ділянки міста.
3. Знайти на планшеті селітебну (жилу), промислову зони та зону зовнішнього транспорту.
4. За допомогою палетки визначити площу всіх наявних на території планшету зон, оконтурити їх та виділити різними кольорами.
5. Зробити оцінку зручності планування сітки зовнішнього транспорту та зеленої зони наданій ділянці міста.
6. Дані по визначенню площ, необхідно занести до табл. 1.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.07- 05.02/2/103.00.1/Б/ВК- 5.1-2023
	Екземпляр № 1	Арк 50 / 8

Таблиця 1. Зональний розподіл міста

Назва зони	Площа, га
Парки, водойми, об'єкти КЗЗ	
Житлова забудова міста	
Загальноміський центр	
Промислово складські зони	
Промислові зони	
Сума площ	$\Sigma =$

### Питання для самоконтролю:

1. На які категорії можна поділити урбанізовані ландшафти?
2. Охарактеризуйте урбанізовані ландшафти. На які категорії вони поділяються?
3. На які категорії поділяються рекреаційні ландшафти?
4. Які типи ландшафтів присутні на вашому планшеті?
5. На скільки зручно розташована сітка зовнішнього транспорту?

## ПРАКТИЧНА РОБОТА № 2

### ТЕМА: ДОСЛІДЖЕННЯ ГЕОЛОГІЧНОГО СЕРЕДОВИЩА МІСТА

**Мета роботи:** визначити особливості ґрунтового покриття в містах. Встановити шляхи і наслідки забруднення ґрунтів. Отримати практичні навички щодо визначення показників хімічного забруднення ґрунтів міста.

#### Теоретична частина

Геохімічний фон – середній вміст хімічного елемента в ґрунтах за даними вивчення статистичних параметрів його розподілу. Геохімічний фон є регіональною чи місцевою характеристикою ґрунтів і порід.

Геохімічна аномалія – ділянка території, в межах якої статистичні параметри розподілу хімічного елемента вірогідно відрізняються від фону.

Зона забруднення – геохімічна аномалія, в межах якої вміст забруднюючих речовин досягає концентрацій, що надають несприятливий вплив на здоров'я людини.

Рівень забруднення характеризується величиною коефіцієнта концентрації  $K_{ci}$ :

$$K_{ci} = \frac{C_i}{C\phi_i}$$

де  $C_i$  – концентрація забруднюючої речовини у ґрунті,  $C\phi_i$  – фонові концентрації забруднюючої речовини, мг/кг ґрунту.

Забруднення звичайно буває поліелементним, і для його оцінки розраховують сумарний показник забруднення, що представляє собою адитивну суму перевищень коефіцієнтів концентрацій над фоновим рівнем:

n

$$Z_C = \sum_{i=1}^n K_{ci} - (n - 1)$$

де  $K_{ci}$  – коефіцієнт концентрації елемента,  $n$  – кількість елементів з  $K_{ci} > 1$ .



Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.07- 05.02/2/103.00.1/Б/ВК- 5.1-2023
	Екземпляр № 1	Арк 50 / 9

Величину сумарного показника забруднення ґрунтів використовують для оцінки *рівня небезпеки забруднення території міста*. Значення сумарного показника забруднення до 16 відповідають припустимому рівню небезпеки для здоров'я населення; від 16 до 32 – помірковано небезпечному; від 32 до 128 – небезпечному; більше 128 – надзвичайно небезпечного.

Для оцінки виявлених геохімічних аномалій в містах, а також для оцінки еколого-геохімічних змін, що відбуваються у результаті антропогенних процесів, В. А. Алексєнко запропоновані показники абсолютного (ПАН) і відносного (ПВН) накопичення хімічних елементів.

ПАН показує, яка маса хімічного елемента накопичилася у результаті природних або техногенних процесів на одиниці площі у концентраціях, що перевищують регіональне фонове зміст. При відсутності фонового вмісту можна брати кларкове або величину ГДК. ПАН виражається в т/км<sup>2</sup>. Він обчислюється як відношення розрахованого змісту хімічного елемента, який накопичився в результаті техногенного хімічного забруднення в хімічній аномалії, до площі цієї аномалії. У зв'язку з тим, що значення фонового вмісту елементів у ґрунті неоднакові, абсолютна величина техногенного накопичення забруднювачів не буде відображати ступінь реальної небезпеки забруднювача для екологічного стану екосистем та здоров'я людини. Для подолання цієї проблеми був введений показник відносного накопичення (ПВН). ПВН надзвичайно важливий як при оцінці впливу певного елемента на організми, так і при порівнянні такого впливу різними елементами в конкретній ландшафтно-геохімічній обстановці. Він являє собою відношення показника абсолютного накопичення елемента до фонового (кларкового) вмісту його у ґрунті:

$$ПВН = ПАН/Сф$$

Розрахунок ПВН дозволяє визначити елементи забруднення навколишнього середовища, на які слід звернути першочергову увагу як при проведенні заходів з екологічної реабілітації ґрунтів, так і при медико-профілактичній роботі.

Геохімічне вивчення ґрунтів у місті на регулярній основі дозволяє одержати просторову структуру забруднення сельбищних територій і виявити ділянки, проживання на яких пов'язане з найбільшим ризиком для здоров'я населення.

### Завдання:

Визначити ступінь небезпеки забруднення міських ґрунтів, встановити, які забруднювачі вносять найбільший внесок у сумарний показник забруднення. Охарактеризувати виявлені геохімічні аномалії, встановивши, які забруднювачі становлять найбільшу небезпеку для екосистем і здоров'я людини. Дані польових спостережень представлені у таблиці 1 та 2.

Таблиця 1.

Варіанти завдань для оцінки ступеня небезпеки забруднення ґрунтів  
(концентрація забруднювачів, мг / кг)

Варіант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
HCO <sub>3</sub>	0,21	1,3	1,4	520,6	25,6	2,6	516,3	52,3	518,5	365,2	89,6	56,2
Cl	32,4	25,5	45,6	10,8	112,3	65,2	25,6	69,5	18,8	65,2	16,5	45,2
SO <sub>4</sub>	0,01	1,2	65,2	1,5	64,2	18,9	54,5	12,3	1,5	10,5	12,1	33,2
Zn	0,002	63,3	3,2	15,6	15,2	42,0	1,9	22,6	17,6	56,2	25,6	65,5
NH <sub>4</sub>	0,5	10,5	12,2	10,5	2,6	15,2	12,3	16,2	17,5	25,2	12,5	52,5

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.07- 05.02/2/103.00.1/Б/ВК- 5.1-2023
	Екземпляр № 1	Арк 50 / 10

Варіант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
HCO <sub>3</sub>	0,21	1,2	2,8	650,0	30,9	13,8	319,6	69,0	540,2	590,5	98,5	182,5
Cl	7,3	13,6	42,8	12,6	108,2	35,9	30,2	58,5	10,6	35,8	22,5	56,5
SO <sub>4</sub>	0,005	3,6	36,2	2,3	35,6	28,5	62,5	12,0	2,3	12,5	10,4	39,1
Zn	0,001	56,3	2,5	21,2	15,2	96,0	12,5	18,6	24,2	46,5	39,0	69,1
NH <sub>4</sub>	0,7	15,6	10,0	16,6	3,0	19,8	65,6	15,3	12,6	32,6	19,9	40,2
Нітрати	0,005	12,8	23,3	7,0	14,2	90,5	16,3	11,6	12,0	12,3	46,8	18,8
HCO <sub>3</sub>	0,21	1,2	1,8	690,4	56,2	10,2	465,5	44,7	538,0	589,6	102,0	130,6
Cl	19,3	16,3	52,3	11,6	92,0	40,6	29,3	57,9	9,6	40,5	15,3	58,9
SO <sub>4</sub>	0,004	2,5	66,3	1,0	60,0	65,2	66,5	12,5	1,0	16,8	12,3	45,8
Zn	0,001	58,9	2,8	18,5	15,4	33,0	1,6	13,5	16,5	50,8	32,1	78,0
NH <sub>4</sub>	0,3	19,2	9,6	14,0	3,0	56,6	42,2	22,0	10,0	18,8	8,8	42,1
Нітрати	0,004	12,5	4,5	7,0	18,9	77,8	14,9	9,9	8,0	12,3	58,1	29,6

Таблиця 2

Варіанти завдань для геохімічних аномалій

Речовини	Варіанти										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Pb	824*	2070	1050	1200	1680	2560	882	956	1472	3020	2114
	103	230	120	150	240	320	98	136	184	172	302
Zn	2080	715	1500	992	2765	2835	935	1764	1944	2834	1104
	200	65	150	124	197	270	85	147	162	218	96
Ti	1040	576	2040	1275	2432	2244	1044	3990	3240	2250	2192
	65	36	102	85	152	132	58	210	118	150	137
Cu	840	1050	1712	750	960	1368	1273	665	1136	1143	904
	105	150	214	100	120	152	134	95	142	127	113
V	600	832	290	805	1056	963	1045	602	1088	1656	1071
	75	104	58	115	132	107	95	86	136	184	102
Ga	2160	1800	1840	1648	3315	3072	2891	1540	2345	1350	2744
	450	360	230	412	663	512	413	385	469	525	392
Cr	1200	2970	1080	1484	1480	1728	2030	1505	1568	1683	2255
	150	330	180	212	185	192	203	215	196	187	205

Примітка: \* - у чисельнику – накопичення у ґрунті геохімічних аномалій речовин техногенного походження, т; у знаменнику – площа аномалій, км<sup>2</sup>

**Хід роботи:**

- Описати методику визначення рівня небезпеки забруднення територію міста і оцінки геохімічних аномалій.  
За фонові значення концентрації при розрахунку сумарного показника забруднення прийняти дані таблиці 3

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.07- 05.02/2/103.00.1/Б/ВК- 5.1-2023
	Екземпляр № 1	Арк 50 / 11

Таблиця 3

Фонові концентрації забруднюючих речовин для розрахунку сумарного показника забруднення, мг/кг

Речовина	Фонова концентрація	Речовина	Фонова концентрація
Гідрокарбонати	510	Нітрати	15
Хлориди	19,9	Гідросульфати	107
Амоній	11	Цинк	33
Сульфати	45		

1. Розрахувати коефіцієнти концентрації хімічних елементів в ґрунтах трьох районів міста, для кожного району визначити сумарний показник забруднення.
  2. Провести порівняльний аналіз хімічного забруднення ґрунтів районів. Зробити висновок.
  3. Охарактеризувати геохімічні аномалії на урбанізованій території за показниками абсолютного і відносного накопичення.
- За фонові значення концентрації забруднювачів прийняти дані таблиці 4.

Таблиця 4

Фонові концентрації забруднюючих речовин для розрахунку характеристик геохімічних аномалій, т/км<sup>2</sup>

Речовина	Фонова концентрація	Речовина	Фонова концентрація
Свинець	0,001	Ванадій	0,01
Цинк	0,005	Галій	0,003
Титан	0,457	Хром	0,02
Мідь	0,002		

Результати розрахунку оформити у вигляді таблиці 5:

Елемент	Площа аномалії	Техногенна складова елементів, т	Фонова концентрація	ПАН, т/км <sup>2</sup>	ПВН

Виконати ранжування елементів за величиною питомого вкладу до забруднення міських ґрунтів, а також за величиною небезпеки для здоров'я людини, що визначається показником відносного накопичення. Зробити висновок про найбільш небезпечні в даних умовах забруднювачі.

#### Контрольні запитання

- 1) Що таке геохімічний фон, геохімічна аномалія, зона забруднення? Причини виникнення.
- 2) Які показники використовуються для оцінки хімічного забруднення земельного покриття та водного середовища?
- 3) Як оцінюється рівень небезпеки забруднення території міста? Чинники впливу.
- 4) У чому суть показника відносного накопичення хімічних елементів в ґрунті та водному середовищі і для чого він був введений?

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.07- 05.02/2/103.00.1/Б/ВК- 5.1-2023
	Екземпляр № 1	Арк 50 / 12

### ПРАКТИЧНА РОБОТА № 3

#### Вивчення антропогенних порушень ґрунтів

**Мета:** ознайомитись та вивчити антропогенні порушення ґрунтів.

#### Теоретичні відомості

Антропогенний вплив на ґрунт дедалі посилюється, зокрема й на території міст, де сконцентрована більшість населення. Поширення темпів урбанізації з урахуванням загальної індустріалізації, щораз інтенсивніше впливають на властивості ґрунтів через запечатування, розкопки, забруднення й утилізацію різних відходів. Таким чином, у результаті діяльності людини у ґрунті в значній кількості накопичуються різноманітні хімічні елементи та їх сполуки (часто шкідливі), що призводять до його деградації. Деградація ґрунту – це зниження його родючості, викликане погіршенням його властивостей (руйнування структури, вимивання поживних речовин, забруднення), внаслідок змін чинників ґрунтоутворення (особливо це стосується господарської діяльності людини).

Особливо активно цей процес відбувається в районах із значною концентрацією промислових підприємств та транспортних засобів. Викиди промислових підприємств розсіюються на значних площах і потрапляючи в ґрунт здатні створювати нові хімічні сполуки. В результаті різноманітних міграційних процесів ці речовини потрапляють в організм людини (ґрунт - рослини – людина, ґрунт – вода – людина, ґрунт – рослини – тварини – людина та інші).

З промисловими відходами до ґрунту потрапляють різноманітні метали (залізо, мідь, свинець, цинк тощо) та інші хімічні забруднення, у вигляді органічних та неорганічних сполук. Ґрунт має здатність накопичувати також радіоактивні елементи серед яких найбільш небезпечними є стронцій-90 та цезій-137, з періодами напіврозпаду відповідно 28 та 30 років. Всі ці речовини включаються в харчові ланцюги і, в разі надмірної їх кількості, вражають живі організми. Забруднюючі речовини, що потрапляють в атмосферу, поступово осідають на ґрунтах у радіусі до 5 км від джерела забруднення. Практично скрізь у містах джерелом забруднення ґрунтів важкими металами є підприємства чорної та кольорової металургії, легкої промисловості, ТЕЦ. Значної екологічної шкоди зазнають ґрунти внаслідок забруднення викидами промислових підприємств, надмірного використання засобів хімізації, а також забруднення значних площ внаслідок аварії на ЧАЕС.

До 20 % забруднених земель міських, приміських та індустріальних районів перебувають у кризовому стані. Спостерігається подальше закиснення ґрунтів, зменшення рухомого фосфору та обмінного калію. Зменшення площі зрошення, поганий технічний стан зрошувальних і осушувальних систем, значні площі підтоплених та кислих внаслідок надмірного зрошення земель та зарослих чагарниками осушених земель та ін., призвели до зниження загальної врожайності сільськогосподарських культур щодо її проектного рівня на 30-40 % на зрошених та на 15-37 % на осушених землях. У зв'язку з відсутністю фінансування у більшості регіонів припинено виконання комплексу протиерозійних заходів, у т.ч. агротехнічних, по захисту ґрунтів від водної та вітрової ерозії.

За статистичними даними у 1989-1990 роках з 1 га ґрунту в Україні щорічно виносилося з врожайми 270-300 кг поживних речовин (NPK). Їх поновлення відбувалося за рахунок щорічного внесення мінеральних (140-150 кг/га) та органічних добрив (100-110 кг/га), що становило в сумі 240-270 кг/га, ще

20 кг/га азоту надходило з атмосфери завдяки симбіотичній діяльності бульбочкових бактерій. Після розпаду СРСР Україна залишилася без основних ресурсів для виробництва калійних і фосфорних добрив, що призвело до значного зменшення кількості добрив. Зокрема, у 1998-2000 роках в середньому вносили лише по 16 кг/га NPK. Енергетична криза спричинила низку інших негативних факторів, що також негативно позначилися на відтворенні родючості ґрунтів. Так, обсяги робіт із хімічної меліорації кислих та

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.07- 05.02/2/103.00.1/Б/ВК- 5.1-2023
	Екземпляр № 1	Арк 50 / 13

засолених ґрунтів скоротилися до 50-70 %. Прогресуюче погіршення якісного стану земель, зниження родючості ґрунтів створюють реальну загрозу кризи виробництва сільськогосподарської продукції і особливо екологічно чистих продуктів харчування. Вихід з такого кризового становища можливий лише за умови здійснення комплексу невідкладних заходів щодо структурної перебудови землекористування, охорони земель, насамперед у сільському господарстві, на основі виваженої програми дій, яка опиралася б на узагальнені результати наукових досліджень у галузі агрохімії, ґрунтознавства, економіки, екології, права тощо. Такий підхід сприятиме розв'язанню продовольчої проблеми, значному збільшенню обсягів виробництва сільськогосподарської продукції, стабілізації економіки й поліпшенню стану навколишнього природного середовища.

Порядок виконання роботи

1. Вивчіть дані таблиці 1. Здійсніть порівняльний аналіз різних типів ґрунтів, вкажіть господарське значення кожного типу ґрунту, заповніть графи 5 і 6 таблиці 1.

**Таблиця 1. Коротка характеристика деяких основних типів ґрунтів**

<i>Тип ґрунту</i>	<i>Ґрунтоутворювальна порода</i>	<i>Загальна характеристика</i>	<i>Характерні процеси</i>	<i>Рослинність</i>	<i>Призначення ґрунту</i>
Чорноземи	Леси та лесовидні суглинки	Літнє осушення і зимове промерзання, сприятливий гідротермічний режим (водний і температурний)	Реакція нейтральна		
Солонці	Засолена порода, наявність обмінного натрію в ГПК	Пригнічена степова рослинність, де засолені породи близько підходять до поверхні	Накопичення солей, рН 10-11		
Солончаки	Засолена порода, інколи має запах сірководню	Накопичення солей за рахунок випаровування вологи	Малогумусні, низька родючість		

2. Оберіть ділянку місцевості (поблизу місця проживання, навчального закладу, в зоні відпочинку). Проаналізуйте групи антропогенних порушень ґрунту, користуючись характеристикою порушень, поданих у таблиці 2. Для кожної обраної Вами досліджуваної ділянки визначте наявність порушень й зробіть детальний опис за кожною групою порушень. Зробіть висновок щодо стану ґрунту на кожній ділянці. Свої результати внесіть у таблицю 3.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.07- 05.02/2/103.00.1/Б/ВК- 5.1-2023
	Екземпляр № 1	Арк 50 / 14

**Таблиця 2. Групи антропогенних порушень ґрунтів**

<i>Групи порушень</i>	<i>Вияв порушення</i>
Сільськогосподарські	Перекидання ґрунтового покриву (чим)
Лісогосподарські	Ерозія ґрунтів (вітрова, водна)
Промислові	Механічне порушення (ущільнення, перезволоження, висушування), засмічування, пожежі тощо.
Будівельні	Забруднення ґрунтів (засолення, закислення, забруднення нафтопродуктами, добривами, важкими металами, радіонуклідами тощо)
Транспортні	Перекидання й ущільнення ґрунтового шару
Рекреаційні	Ущільнення, засмучення, пірогенні порушення

**Таблиця 3**

**Наявність порушень ґрунтів на території міста (селища, району тощо)**

<i>Назва території та № ділянки</i>	<i>Групи порушень</i>					<i>Загальний висновок щодо стану ґрунтів на ділянці</i>
	<i>Сільсько-господарські</i>	<i>Промислові</i>	<i>Будівельні</i>	<i>Транспортні</i>	<i>Рекреаційні</i>	
№ 1						
№2						
№3						

3.3а планом опису порушень, поданому у таблиці 4 здійснить опис порушень за кожною групою. Результати аналізу внесіть у табл. 4.

**Таблиця 4**

**План опису порушень**

<i>Характеристика порушень</i>	<i>Опис порушень</i>
Площа поширення	Форма ділянки, довжина, ширина, загальна площа
Ознаки виявлення порушень	Вказати у чому виявляються порушення
Стадія порушень	Початкова, розвинута тощо.
Вид антропогенних впливів, що стали причиною порушень	Вказати вид впливу
Характер впливу	Інтенсивність - низька, середня, висока, дуже висока; Тривалість, періодичність
Вплив на природний комплекс	Вказати у чому виявляється вплив
Група порушень	Зазначте типи порушень
Можливі шляхи усунення або зниження впливу	Зробіть свої пропозиції

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.07- 05.02/2/103.00.1/Б/ВК- 5.1-2023
	Екземпляр № 1	Арк 50 / 15

Таблиця 5

## Опис порушень ґрунту за групами на досліджуваній ділянці

Характеристика й опис порушень	Групи порушень					
	Промислові	Будівельні	Транспортні	Рекреаційні	Сільськогосподарські	Інші
Площа поширення (Площа і форма ділянки)						
Ознаки виявлення порушень (вказати у чому виявляється)						
Стадія порушення (початкова, розвинута тощо)						
Вид антропогенних впливів, що стали причиною порушень (вказати вид)						
Характер впливу (Інтенсивність – низька, середня, висока, дуже висока; тривалість, періодичність)						
Загальний вплив на природний комплекс (у чому виявляється)						
Пропозиції щодо шляхів усунення						

4. Визначте кислотність ґрунту на досліджуваній ділянці (ступінь кислотності або лужності ґрунту у значеннях рН) за допомогою тест-індикаторів або портативного вимірювача рН.

5. Вивчіть Карту деградації ґрунтів України. Проаналізуйте, зробіть висновки щодо деградації ґрунтів.

**Питання для самоконтролю:**

- Відомо, що у степах відбувається деградація найціннішого чорноземного ґрунту. Чи можна призупинити цей процес?
- Назвіть підприємства вашого регіону, які, спричинюють найбільше забруднення ґрунту.
- Чому навіть при слабкому засоленні ґрунтів набагато знижується врожайність сільськогосподарських культур?
- Які корисні копалини видобувають у вашому регіоні, як ці процеси впливають на стан довкілля?
- Порівняйте кліматичні і ландшафтні чинники, що прискорюють або гальмують водну ерозію ґрунту.
- Чи можна призупинити процес деградації чорноземів?
- Назвіть відомі Вам заходи щодо рекультивації земель, які зазнали змін у структурі рельєфу, екологічному стані ґрунтів і материнських порід та у гідрологічному режимі внаслідок проведення гірничодобувних, геологорозвідувальних, будівельних та інших робіт.
- Які типи ґрунтів переважають у вашому регіоні? Що можна сказати про їх родючість?

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.07- 05.02/2/103.00.1/Б/ВК- 5.1-2023
	Екземпляр № 1	Арк 50 / 16

9. Оброблювані землі дають 88% енергії, що отримує людство з їжею. Чому ж тоді з такою безпечністю ставляться люди до своєї «годівниці»?

10. Наведіть приклади спустелювання, деградації ґрунтів, знищення лісів на окремих континентах, що призвели до незворотних наслідків.

## ПРАКТИЧНА РОБОТА №4

### Дослідження особливості ерозійних процесів у містах.

Ерозія ґрунтів на території міст розвивається під впливом поверхневого стоку, а іноді в результаті протікання комунікацій. Найбільш інтенсивно ерозія ґрунтів проходить при будівельних роботах внаслідок розпушування ґрунту. Інтенсивність ерозії в період будівництва в 10 раз більше, ніж на землях сільськогосподарського використання.

Проблема надійної охорони ґрунтів від ерозії значною мірою зумовлена труднощами точного визначення її інтенсивності в конкретній точці простору і часу. У зв'язку із недостатньою вивченістю природи ерозійних процесів для прогнозування їх інтенсивності широко використовуються емпіричні залежності.

Визначивши ймовірний змив ґрунту, можна передбачити його величину з конкретного місця, для чого необхідно знати коефіцієнт протиерозійної ефективності цієї місцевості.

До найпростіших емпіричних формул, отриманих внаслідок статистичної обробки матеріалів спостережень на стокових майданчиках в США, належить рівняння ґрунтової ерозії В.Х. Вишмайера і Д.Д. Сміта. Це рівняння має вигляд:

$$A = R \times K \times L \times S \times C \times P \quad (1)$$

де:  $A$  – втрати ґрунту, т/(з га/рік),  $R$  – фактор ерозійної здатності дощів,  $K$  – фактор еродованості ґрунтів, який чисельно дорівнює відношенню кількості змитого ґрунту з еталонної ділянки до одиниці ерозійного індексу опадів (за еталонну ділянку прийнятий схил крутизною  $4,5^\circ$  і довжиною 22,1 м);  $L$  – фактор довжини схилу (він чисельно дорівнює відношенню кількості ґрунту, змитого зі схилу даної довжини, до кількості ґрунту, змитого з ділянки довжиною 22,1 м у разі однакової крутизни),  $S$  – фактор крутизни схилу (він чисельно дорівнює відношенню кількості змитого ґрунту зі схилу даної крутості до кількості ґрунту, змитого з ділянки крутизною  $4,5^\circ$  у разі рівної довжини схилу),  $C$  – фактор

рослинності (він чисельно дорівнює відношенню кількості ґрунту, змитого з поля при даній сівозміні і системі оброблення ґрунтів, до змиву з такого самого поля, але під чорним паром,  $C = 0,01$ ),  $P$  – фактор ефективності протиерозійних заходів (він чисельно рівний відношенню кількості змитого ґрунту з поля, на якому застосовуються протиерозійні заходи, до змиву ґрунту з поля, на якому оброблення і посів здійснюються уздовж схилу,  $S = 1$ ).

Для того, щоб розрахувати втрати ґрунту внаслідок ерозійних процесів ( $A$ ), спочатку необхідно знати значення ерозійної здатності дощів в умовах міста.

Інтенсивність ерозії в міських умовах великою мірою залежить від кількості опадів і характеру їх випадання. Чим більше опадів, тим ймовірнішим є прояв ерозії. Фактор опадів, виражений в одиницях ерозійного індексу, являє собою показник, який враховує кінетичну енергію дощових опадів за певний період максимальної інтенсивності їх випадання. Величину фактору ерозійної здатності дощів в умовах міста можна визначити



Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.07- 05.02/2/103.00.1/Б/ВК- 5.1-2023
	Екземпляр № 1	Арк 50 / 17

на підставі матеріалів метеостанції, за формулою (2):

$$R = \sum I_{15} Q_i \quad (2)$$

де:  $Q_i$  – кількість окремих опадів, мм.,  $I_{15}$  – 15 хвилинні максимальні інтенсивності окремих дощів, мм/хв.,  $i$  – порядковий номер дощу. Наступним кроком є визначення фактору довжини і крутизни схилу та рослинного покриву. Взаємний вплив довжини та крутизни схилу виражається єдиним топографічним фактором  $L$ , який визначається за формулою (3):

$$L = L_0,5(0,0011 \times S + 0,007 \times S + 0,0111) \quad (3)$$

Де:  $L$  – довжина схилу, м.,  $S$  – крутизна схилу, %.

#### Порядок виконання роботи:

1. Користуючись вихідними даними (табл. 4), вписати необхідні коефіцієнти.

Таблиця 4

#### Вихідні дані

Варіант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
L, м	10	12	14	16	18	20	22	24	26	30
S, град	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	6,0

Фінальні результати розрахунку зводяться до таблиці 5.

Таблиця 5

#### Потенційна інтенсивність ерозійних процесів на території міста

Крутизна схилу	Фактор $R$	Фактор $L$	Інтенсивність ерозійних процесів, $A$
1.			
2.			

#### Питання для самоконтролю:

1. Як пов'язані між собою складові рівняння ґрунтової ерозії ?
2. Від чого залежить інтенсивність ерозії в умовах міста ?
3. Як пов'язані між собою фактори довжини і крутизни схилу ?
4. Що більш впливає на інтенсивність ерозійних процесів у містах ?
5. Які заходи передбачаються при боротьбі з явищами ерозії ґрунту (в містах) ?

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.07- 05.02/2/103.00.1/Б/ВК- 5.1-2023
	Екземпляр № 1	Арк 50 / 18

## ПРАКТИЧНА РОБОТА № 5

### Оцінка сумарного забруднення ґрунтового покриву важкими металами

**Мета роботи:** ознайомитися з основними шляхами надходження важких металів у ґрунтовий покрив міської екосистеми та навчитися визначати сумарний показник забруднення урбоекосистеми.

#### Основні поняття

У природному стані в межах міста ґрунти трапляються дуже рідко. За довгу історію розвитку міст вони неодноразово трансформувались.

Внаслідок економіко-соціального розвитку міст відбувається скорочення площ ґрунтово-рослинного шару; надходження забруднюючих речовин у повітря та воду, покриття ґрунту непроникним шаром при будівництві, витокуванні та ущільненні ґрунтів, перегрів їх влітку, підвищення температури та зниження вологості повітря. Все це призводить до наступних наслідків впливу: підвищення антропогенного навантаження на ґрунти, їх забруднення шкідливими речовинами, що призводить до зміни фізичного і хімічного складу, порушення кругообігу речовин, структури, властивостей ґрунтів, загибель ґрунтових організмів, порушення процесу самоочищення та вресіт-ресіт деградація ґрунтового покриву.

Загалом ґрунтовий покрив у містах має свої особливості: більшість території знаходиться під щільною забудовою, асфальтним покриттям, тому природний ґрунтовий покрив зустрічається рідко. Все це залежить від рівня розвитку території, площ територій зайнятих забудовами, асфальтним покриттям та природними ландшафтами.

Забруднення, яке потрапляє у ґрунт, піддається особливо сильному метаболізму, тим більше, що процеси змішування домішків ускладнені. У ґрунті завжди присутня велика кількість мертвої органіки – субстрат для мікроорганізмів, в числі яких багато хвороботворних. Із мікроорганізмами пов'язані процеси мінералізації і гуміфікації органіки. У межах населених пунктів та передмістях, унаслідок ущільнення ґрунтів, при надходженні забруднюючих речовин, можуть виникати анаеробні процеси розкладу, які будуть супроводжуватись утворенням токсичних рідин та газоподібних речовин, що мають неприємний запах. Усе це відображається на санітарно-гігієнічному стані ґрунтів.

Найбільшого впливу зазнає ґрунтовий покрив навколо промислових територій та придорожніх смуг. Як зазначають Мольчак Я.О., Фесюк В.О, Картава О.Ф., протягом тривалої дії джерел забруднення при значному надходженні хімічних речовин із промисловими викидами на поверхню ґрунту відбувається помітне збільшення валового вмісту мікроелементів.

Серед усієї кількості забруднюючих речовин найбільшу небезпеку становлять важкі метали – Рв, Сu, Zn, Mn, Ni, Sr, Cd та їх сполуки. Важкі метали характеризуються низькою міграційною активністю в ґрунтах, добре депонуються, акумулюються у поверхневому шарі.

Основними джерелами надходження шкідливих речовин у ґрунтовий покрив міста є промислові підприємства (промислові зони, де спостерігається підвищений вміст забруднюючих речовин, як у повітрі так і у ґрунті) і пересувні джерела забруднення (смуги біля автодоріг та залізничних колій).

Разом з тим відомо, що від кислотності ґрунту залежить інтенсивність надходження мікроелементів у тканини рослин, а в подальшому і до організму тварини і людини. Інтенсивність сорбції важких металів ґрунтами головним чином залежить від рН середовища, причому для кадмію і свинцю цей вплив виражений більшою мірою ніж для інших мікроелементів, наприклад міді, значна частина якої зв'язана з органічними комплексами. При поступовому зниженні рН ґрунту важкі метали переходять у іонну форму.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.07- 05.02/2/103.00.1/Б/ВК- 5.1-2023
	Екземпляр № 1	Арк 50 / 19

Оцінка рівня хімічного забруднення ґрунтів населених пунктів здійснюється за показниками, які розроблені при спряженні геохімічних і гігієнічних досліджень навколишнього середовища міст. Такими показниками є коефіцієнт концентрації хімічного елементу  $K_c$  і сумарний показник  $Z_c$ . Коефіцієнт концентрації визначається як відношення реального вмісту елемента в ґрунті  $C$  до фонового  $C_f$  :

$$K_c = C / C_f$$

Оскільки ґрунти зазвичай забруднені одразу кількома елементами, то для них розраховують сумарний показник забруднення, який відображає ефект впливу групи елементів:

$$Z_c = \sum_{i=1}^n K_{Ci} - (n - 1)$$

Оцінка небезпеки забруднення ґрунту комплексом елементів за показником  $Z_c$  здійснюється за шкалою оцінювання, яка розроблена на основі вивчення стану здоров'я населення, що проживає на території з різним рівнем забруднення ґрунту.

Згідно з даною шкалою оцінювання, категорії забруднення ґрунтів мають наступний вигляд:  $Z_c < 16$  – допустима,  $Z_c = 16-32$  – помірно небезпечна,  $Z_c = 32-128$  – небезпечна,  $Z_c > 128$  – надзвичайно небезпечна.

#### **Завдання практичної роботи:**

1. Встановити основні шляхи надходження важких металів до ґрунтового покриву.
2. Вивчити особливості типових важких металів ґрунтового покриву міста.
3. Встановити коефіцієнти концентрації хімічних елементів згідно з вихідними даними (табл. 1).
4. Розрахувати сумарний показник  $Z_c$  забруднення ґрунтового покриву населеного пункту.
5. Визначити категорію небезпеки забруднення ґрунту міської екосистеми.
6. Зробити висновки.

#### **Питання для контролю знань:**

1. Вкажіть джерела надходження важких металів в ґрунтовий покрив.
2. Чим відрізняються поняття ГДК та фонова концентрація?
3. Чому необхідно встановлювати сумарне забруднення, а не за певними елементами?
4. Запропонуйте природоохоронні заходи для зменшення забруднення ґрунтового покриву важкими металами.

### **ПРАКТИЧНА РОБОТА №6**

#### **Класифікація і номенклатура ґрунтів, що рекультивуються**

**Мета:** Ознайомитися з класифікацією ґрунтів, що рекультивуються.

#### **Теоретичні відомості**

Відповідно до закону України «Про охорону земель» рекультивації підлягають землі, які зазнали зміни в структурі рельєфу, екологічному стані ґрунтів і материнських порід та у гідрологічному режимі внаслідок проведення гірничих, геологорозвідувальних, будівельних та інших робіт. При цьому відокремлена ґрунтова маса підлягає зняттю, складуванню, збереженню та перенесенню на порушені, малопродуктивні земельні ділянки відповідно робочим проектам з

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.07- 05.02/2/103.00.1/Б/ВК- 5.1-2023
	Екземпляр № 1	Арк 50 / 20

рекультивациі земель та підвищення родючості ґрунтів. При знятті ґрунтового покриву виконується пошарове зняття і роздільне складування верхнього, найбільш родючого шару ґрунту та інших шарів ґрунту у відповідності зі структурою ґрунтового профілю, а також материнської породи.

Рекультивация земельних ділянок проводиться шляхом пошарового нанесення на малопродуктивні земельні ділянки або на ділянки без ґрунтового покриву знятої ґрунтової маси, а в разі необхідності – і материнської породи в порядку, який забезпечує найбільшу продуктивність рекультивованих земель.

Рекультивовані ґрунти мають техногенне походження, у них немає сукупності морфологічних горизонтів і ознак, як у природних ґрунтів. Недосконалість технології гірничотехнічного етапу рекультивациі призводить до суттєвих відхилень від проєкту, що відбивається як у їх морфологічній будові, так і їх виробничих характеристиках.

Рекультивовані ґрунти, як специфічні техногенні утворення, мають свою особливу будову і морфологію профілю, а саме: будова профілю і його потужність; відсутність генетичних горизонтів у класичному розумінні щодо природних ґрунтів; наявність ґрунтово-техногенних горизонтів, які відчувають сукупний вплив антропогенних факторів і природних процесів ґрунтоутворення; наявність або відсутність трансформованого гумусованого шару ґрунту, який відрізняється від непорушеного; наявність спе цифічної структури нижньої частини гумусованого шару ґрунту або верхнього підґрунтя – щільний з горіхувато-призматичною структурою, що є наслідком впливу важкої техніки при формуванні тіла ґрунту; мікродиференціация якості гумусованого шару ґрунту; специфічні включення техногенної природи.

Діагностика техногенних ґрунтів ускладнена переважанням в них протікання антропогенних процесів над природними, особливо в початковий період розвитку. Гетерогенність діагностичних показників значно перевищує розкид ознак, які спостерігаються в природі навіть у випадках дуже строкатого поєднання чинників ґрунтоутворення. Гетерогенність профілю утворених техногенних ґрунтів часто визначає спорадичний характер діагностичних ознак. Крім того, відносна і абсолютна молодість рекультивованих ґрунтів не дозволяє на макрорівні простежити наслідки протікання початкових елементарних процесів ґрунтоутворення.

Діагностику техногенних ґрунтів можна розглядати в двох аспектах. По-перше, для вивчення процесів первинного ґрунтоутворення – методами мікроморфології, мінералогічного і валового хімічних аналізів, вивчення групового та фракційного складу органічної речовини, мікробіологічної складової і т. п. По-друге, для прикладних цілей – шляхом картографування, визначення якості та грошової цінності, напрямів цільового використання.

Діагностика ґрунтів тісно пов'язана з класифікацією: діагностичні ознаки повинні прямо виводити на певні класифікаційні одиниці. Рекультивовані ґрунти знаходяться в невідгданому становищі порівняно із зональними, для яких класифікаційні проблеми значною мірою вирішені. У тих випадках, коли питання класифікації ґрунтів залишаються дискусійними, використовуються номенклатурні списки ґрунтів, що дозволяє використовувати стандартну, зрозумілу і частовживану термінологію.

Діагностичні показники та індексація ґрунтових горизонтів і підстилаючих шарів рекультивованих ґрунтів запропоновані М. Т. Донченко і співавт. (1987) і Т. М. Келебердою (1983). М. І. Полупан (1983) запропонував використовувати додатковий індекс «t» для підкреслення горизонтів техногенного походження. Потужність гумусованого профілю техногенних ґрунтів визначається нижньою межею поширення ґрунтової частини, сформованої з ґрунтової маси зональних ґрунтів. Важливу роль у генезі, складі і властивості техногенних ґрунтів грають і власне підґрунтові горизонти (так звані техногенні елювії).

Гумусований шар ґрунту зберігає загальні генетичні та морфологічні риси природних ґрунтів, які трансформовані техногенезом. Власне підґрунтя, яке складає літологічну основу

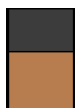
Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.07- 05.02/2/103.00.1/Б/ВК- 5.1-2023
	Екземпляр № 1	Арк 50 / 21

профілю рекультивованих ґрунтів, також отримує у спадок основні стратиграфічні риси та геохімічні властивості гірських порід. Деформація і трансформація їх, особливо при валовому відвалоутворенні створює нові техногенні породи (техногенні елювії).

При вивченні техногенних ґрунтів особливу увагу слід надавати гумусовим горизонтам, комплексність вивчення яких може дати відповідь на багато питань, щодо еволюції техногенних ґрунтів, і стати основою теоретичних обґрунтувань регулювання ґрунтових режимів.

Тільки на основі комплексу морфологічних ознак як самого техногенного ґрунту, так і вихідного ґрунту, який був порушений в результаті техногенезу, а також сукупного впливу сучасних елементарних ґрунтоутворювального процесів, антропогенних навантажень, можливо правильно діагностувати ґрунт польовими і аналітичними методами.

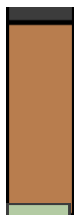
Найвищою таксономічної одиницею при класифікації техногенних ґрунтів виступає клас, який об'єднує усі ґрунти, які сформовані в результаті впливу антропогенного чинника – клас «антропогенні ґрунти». У ньому виділено ряд «рекультивованих» («техногенні ґрунти», «техноземи»), які створені в процесі технічної рекультивації земель. У ряді «техногенні ґрунти» виділено типи за будовою техногенного профілю:



*педоземи* – профіль складається з двох горизонтів: верхнього – насипної ґрунтової маси, нижнього – перевідкладених порід, або відвальної суміші гірських порід;



*літоземи* – складені гірськими породами, їх профіль складається з одного горизонту;



*дерново-літогенні* – сформувалися на літоземах в усіх природно-кліматичних зонах, набуваючи свої зональні властивості; профіль цих ґрунтів представлений двома горизонтами – верхнім гумусово-аккумулятивним малопотужним, який відображає розвиток процесів ґрунтоутворення на початковій стадії; нижнім – складеним гірськими породами або їх сумішами;



*хемоземи* – штучно створені породи в процесі переробки корисних копалин та промислові відходи (шлами, золівідходи), профіль представлений одним хемогенним горизонтом;



*хемоземи рекультивовані*, які знаходяться у стані, придатному для використання в рекреації, санітарно-гігієнічних цілях, в сільському і лісовому господарстві шляхом перекиривання їх гірськими потенційно родючими породами; їх профіль може складатися з трьох або більше горизонтів, нижній горизонт, як правило, хемогенний.

Техногенні ґрунти в зональному аспекті поділяються на підтипи: лісолучні, лісостепові, степові, сухостепові і т. п. Родовими ознаками виділення педоземів є властивості, які успадковані від непорушених зональних ґрунтів, які були матеріалом для їх створення. Виділено роди: чорноземні, каштанові, остаточно-опідзолені, остаточнооглеєні, буроземні, коричневі та ін. Літоземи, дерново-літогенні ґрунти і хемоземи виділені за властивостями, які успадковані від порід, які складають профіль (лесові, глиноморфні, піщаноморфні, зольні, шламові, органігенні та ін.).

За ступенем вираженості родових ознак рекультивовані ґрунти розділені на види:

- *по потужності гумусованого шару ґрунту (педоземи):*

малопотужні – менше 30 см; середньопотужні – 30–60 см; потужні – більше 60 см;

*по потужності аккумулятивного гумусового горизонту (дерново-літогенні ґрунти):*  
малорозвинені (примітивні) – до 5 см; слаборозвинені – 5–10 см; неповнорозвинуті – 10–20 см; розвинуті – більше 20 см;

- *по потужності гумусованого шару ґрунту (хемоземи рекультивовані):* малопотужні – до 30 см, середньоглибокі – більше 30 см;

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.07- 05.02/2/103.00.1/Б/ВК- 5.1-2023
	Екземпляр № 1	Арк 50 / 22

- за вмістом гумусу в насипному шарі ґрунту для педоземів або дерновому шарі дерново-літогенних ґрунтів: слабко- гумусований – до 2 %, малогумусні – 3,1–3,0 %, середньо-гумусні – більше 3 %;
- за вмістом гумусу в насипному шарі хемоземів рекультивованих: малогумусні – до 3 %, середньогумусні – більше 3 %;
- по насиченості поглинювального комплексу ґрунту основами (% від ємності поглинання): ненасичені (<75 %), насичені (>75 %);
- по наявності карбонатів: карбонатні, безкарбонатні;
- по наявності гіпсу: гіпсоносні, безгіпсові, за типом засолення для галоморфних ґрунтів (в шарі 0–50 см);
- по глибині залягання карбонатів: карбонатні (до 30 см), висококарбонатні (30–50 см), середньокорбонатні (50–80 см);
- по глибині залягання засоленої породи, шламу і т. д. (верхня межа): солончаки (0–30 см), солончакові (30–80 см), глибокосолончакові (80–150 см), глибокоза- солені (глибше 150 см);
- за ступенем засолення: незасолені, слабо-, середньо-, сильно-, дуже сильнозасолені;
- за характером оглеєння: глибоко оглеєні (в перехідному до породи горизонті або нижче), поверхнево оглеєні (у поверхневому і підповерхневому горизонті), оглеєні по всьому профілю;
- за ступенем оглеєння: глеюваті і глейові;

Для хемоземів рекультивованих літоземних – за кількістю шарів гірських порід, які перекривають хемоземи: одношарові, двошарові, тришарові і т. д. На літоло- гічні серії поділяють види техногенних ґрунтів по гірським породам, які складають основу техногенного профілю (лесові, глиноморфні, піщаноморфні, вапняні, крейдяно-мергельні, сланцеві, масивно-кристалічні, гетерогенні та ін.).

Різновиди всіх типів техногенних ґрунтів виділяють за грануометричним складом в шарі 0–50 см відповідно до класифікації Н. А. Качинського: глинисті, суглинні (легко-, середньо-, важко-), супіщані, піщані, щєбневато-кам'янисті; за ступенем скелетності (вміст часток розміром більше 2 мм в шарі 0–50 см у % від маси горизонту): слабоскелетні (5–10 %), середньоскелетні (10–20 см), сильно скелетні (20–50 %), дуже сильно скелетні (>50 %).

#### ХІД РОБОТИ:

1. Провести класифікацію техногенно-порушених земель.
2. Дати визначення основних понять та термінів.
3. Зробити висновки.

#### КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ:

1. Опишіть будову і морфологію профілю рекультивованих ґрунтів.
2. Назвіть типи рекультивованих ґрунтів відповідно до будови їх техногенного профілю.
3. На які види поділяються рекультивовані ґрунти за ступенем вираженості родових ознак?

### ПРАКТИЧНА РОБОТА № 7

#### Біотестування фітотоксичності ґрунту за проростанням насіння крес-салату

**Обладнання, реактиви, матеріали:** проби ґрунту, стерильний річковий пісок, насіння крес-салату, чашки Петрі.

#### Основні поняття

**Фітотоксичність** - здатність деяких груп хімічних сполук і продуктів метаболізму мікроорганізмів здійснювати негативний вплив на рослинні організми, що проявляється у порушенні багатьох фізіологічних процесів.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.07- 05.02/2/103.00.1/Б/ВК- 5.1-2023
	Екземпляр № 1	Арк 50 / 23

Нераціональне і науково необґрунтоване застосування різних агротехнологій призводить до зміни екологічного стану ґрунтового середовища, що в веде до перебудови мікробного ценозу і викликає розмноження токсинсинтезуючих мікроорганізмів, накопичення токсичних продуктів фенольного ряду, які утворюються в процесі розкладу рослинних решток і накопичення фітотоксичних форм мікроорганізмів.

Фітотоксичні форми є в усіх основних груп ґрунтових мікроорганізмів, але найбільша їх кількість виявлена серед мікроскопічних грибів (*Penicillinase*, *Aspergillus*, *Fusarium*) та бактерій родини *Pseudomonas*, *Bacillus*.

Крім фітотоксинів мікроорганізмів та продуктів розкладу залишків сільськогосподарських культур існують також прижиттєві виділення надземних органів рослин та їх кореневі виділення. Наприклад, при беззмінному вирощуванні конюшини, люцерни, льону метаболізм їх корневих систем призводить до значної «ґрунтовтоми» та появи фітотоксичності ґрунту.

Хімічна природа фітотоксичних речовин (колінів), що обумовлюють токсичні властивості ґрунту, дуже різноманітна. Це похідні фенолів, хінонів і нафтизину, поліпептиди й інші сполуки.

Крім того, фітотоксичність ґрунту може обумовлюватись внесенням пестицидів, осіданням важких металів, випаданнямкислотних опадів тощо.

Розглядаючи фітотоксичність, або «ґрунтовтому» з екологічної точки зору, можна охарактеризувати це явище як кризу і дисгармонію в відношеннях рослин і ґрунтового покриву.

Впровадження біотестування дозволяє істотно скоротити обсяг регулярно виконуваних детальних хімічних аналізів. На відміну від фізичних та хімічних підходів до оцінки забруднення ґрунту, біологічне тестування має прогностичне значення. За станом організмів, їх здатності до розвитку можна прогнозувати зміни, які очікують біоту при даному рівні забруднення середовища проживання (проростання).

Вибір тест-організмів визначається їх поширеністю, простотою утримання й культивування в лабораторії, низькою вартістю, легкістю спостережень за дією забруднювачів на організмі наявністю простих методик таких спостережень. Одночасно, при оцінці субстратів із низьким вмістом токсикантів тест-об'єкт (тест- організм) повинен бути досить чутливим до присутності в середовищі чужорідної хімічної речовини. Крім цього, необхідно визначити правила обробки даних і інтерпретації отриманих результатів.

Крес-салат (*Lepidium sativum*) – однорічна овочева рослина род. Капустяні (*Brassicaceae*), використовується як рання зелень), швидко ростуча, відрізняється гарним сходженням, а також дуже чутлива до забруднення ґрунтів колінами та важкими металами, а також атмосферного повітря газоподібними викидамиавтотранспорту.

#### Методика виконання досліджень

1. Попередньо перевіряють насіння на сходження (відсоток пророслого насіння від числа посіяних): норма 90-95% пророслого насіння за температури 20-25 °С за 3-4 доби. Для цього розміщують насіння на вкритий фільтрувальним папером просіяний та вологий стерильний річний пісок шаром 0,4-0,6 см. Вологість досліджуваного зразка ґрунту з піском перед посівом насіння повинна бути в межах 70-80% від повної вологоємності.

2. Дослідний субстрат розміщують у чашках Петрі (проби ґрунту, які були відібрані з досліджуваної території) розкладають по 100 насінин на приблизно однаковій відстані одна від одної, присипають тим же субстратом та зволожують (до 70-80% від повної вологоємності). Повторність для кожного варіанту досліду та контролю – не менше трьох чашок.

3. В якості контролю використовують стерильний річний пісок. У всіх досліджуваних зразках вага ґрунту в чашках Петрі, а також шар нанесеного піску, повинні бути однаковими.



Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.07- 05.02/2/103.00.1/Б/ВК- 5.1-2023
	Екземпляр № 1	Арк 50 / 24

4. Дослід повинен тривати 4-10 діб при підтриманні вологості субстратів та температури приміщення (20-25 °С) на одному рівні.

5. Кожної доби фіксують дані по кількості пророслого насіння (табл. 1).

Таблиця 1

#### Результати біотестових досліджень з пророщування насіння кресс-салату

Субстрат	Кількість пророслого насіння, %				Схожість, %
	1 доба	2 доба	....	10 доба	
Контроль					
Варіант 1					
Варіант 2					

6. При розрахунках фітотоксичності ґрунту, схожість в контролі приймається за 100%. Наприклад, у контролі зійшли 85 насінин зі 100. А в певному варіанті схожість за середньою величиною повторностей становила 21 насінину.

7. Тоді:  $85 = 100\%$ ;  $21 = X$ ;  $X = 25\%$ .

Отже, фітотоксичність ґрунту, або відсоток інгібування схожості обчислюється як:

$$100 - 25 = 75\%.$$

8. Необхідно мати на увазі, що на родючому ґрунті (гумусовому, добре аерованому) схожість та якість паростків завжди краще, ніж на важкому, глинистому. Тому субстрат краще стандартизувати (якщо ґрунти різні) та використовувати водні витяжки.

9. Дані за повторюваністю кожного варіанту обробляють математично та визначають достовірність різниці між дослідом та контролем за критерієм Ст'юдента ( $p \leq 0,05$ ).

10. Рівні забруднення субстрату оцінюють за шкалою:

- забруднення відсутнє – схожість 90-100%, паростки однорідні, щільні, міцні, рівні;
- забруднення слабе – схожість 60-90%, паростки майже однакової довжини, міцні, рівні;
- забруднення середнє – схожість 20-60%, паростки тонкі та короткі порівняно з контролем, деякі можуть мати морфологічні порушення;
- забруднення значне – схожість дуже низька (до 20%) паростки дрібні та морфологічно спотворені.

## ПРАКТИЧНА РОБОТА № 8 Дослідження водного середовища міста

**Мета роботи:** проаналізувати різні категорії водних об'єктів міст, ознайомитися з показниками якості води.

### Теоретична частина

Не всі атмосферні опади і води, що утворюються після миття площ, вулиць та автодоріг, потрапляють у водний об'єкт. Частина атмосферних опадів перехоплюється верхніми ярусами рослинного покриву і не досягає поверхні землі. Потрапивши на водозбірну площу опади і поливо-мийні води стікають по схилу місцевості у водний об'єкт, по шляху, затримуючись в нерівностях рельєфу, випаровуються, просочуються в ґрунт і ґрунтові води. Частина, що залишилася поверхневих стічних вод складає загальний шар поверхневого стоку. Для обліку втрат поверхневих стічних вод використовується коефіцієнт стоку ( $\psi$ ). Для дощових і снігових стічних вод ця величина залежить від характеристик поверхні водозбірної території (таблиця).



Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.07- 05.02/2/103.00.1/Б/ВК- 5.1-2023
	Екземпляр № 1	Арк 50 / 25

Таблиця 1

Коефіцієнт дощового і снігового стоку для різних міських територій

Вид водозбірної території	Величина коефіцієнту стоку ( $\psi$ )	
	Дощовий стік	Сніговий стік
Забудовані території	0,6	0,6
Незабудовані території	0,3	0,6
Парки, гравійні покриття	0,3	0,6
Водонепроникні поверхні	0,7	0,9
Грунтові поверхні	0,2	0,6
Газони, зелені насадження	0,1	0,2

Значення коефіцієнта стоку для всього водозбірного басейну розраховується:

$$\Psi = \sum_{i=1}^n \alpha_i \psi_i$$

де:  $\alpha_i$  - вагові коефіцієнти, рівні по величині відношенню площі, займаної даним видом покриття, до загальної водозбірної площі;  $\psi_i$  - коефіцієнти стоку для різних видів покриттів.

Обсяг дощових або снігових стічних вод за рік розраховується за формулою:

$$W = 10 \cdot \Psi \cdot F \cdot H, \text{ м}^3/\text{рік},$$

де:  $\Psi$  - коефіцієнт стоку дощових або талих вод;  $F$  - площа водозбірної території, га;  $H$  - шар опадів за теплий або холодний період року відповідно, мм.

Обсяг поливо-мийних стічних вод визначається за формулою:

$$W = 10 \cdot \Psi \cdot F_m \cdot (H - H_s), \text{ м}^3/\text{рік}$$

де:  $m$  - витрата води на мийку одиниці площі, л/м<sup>2</sup>;  $k$  - кількість мийок в році;  $F_m$  - площа оброблюваних покриттів, га;  $\Psi$  - коефіцієнт стоку поливомийних стічних вод.

Значення всіх параметрів, що входять в цю формулу, визначаються з відповідності з наступними нормативами:

- на мийку 1 м<sup>2</sup> площі витрачається від 1,3 літрів води;
- кількість мийок для умов міста складає 100 за рік;
- площа покриттів, які потребують мийці, становить 20% від усієї території міста;
- коефіцієнт стоку поливомийних стічних вод приймається рівним 0,6.

Якщо на водозбірній території розташовані великі парки або ділянки лісових масивів, виявляється ефект затримання частини атмосферних опадів рослинним покривом. У цьому випадку обсяг поверхневого стоку зменшується. Розрахунок кількості затриманих атмосферних опадів проводиться по абсолютним нормам затримання (таблиця).

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.07- 05.02/2/103.00.1/Б/ВК- 5.1-2023
	Екземпляр № 1	Арк 50 / 26

Таблиця 2.

Норми затримання атмосферних опадів лісової рослинності

Вид рослинності	Шар затриманих атмосферних опадів (Нз), мм												
	Місяці												За рік
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Хвойний ліс	10	10	10	18	19	20	25	22	17	16	12	10	189
Листяний ліс	1	1	1	4	10	11	14	12	8	6	4	2	79

Шар атмосферних опадів, що випали, корегується на величину затриманих опадів з урахуванням співвідношення площ, зайнятих різними видами дерев, і всій водозбірній площі. Обсяг дощових або снігових стічних вод визначається в цьому випадку за формулою:

$$W = 10 \cdot \Psi \cdot F_m \cdot (H - H_z), \text{ м}^3/\text{рік}$$

де:  $\Psi$  - коефіцієнт стоку;  $F$  - площа водозбірної території, га;  $H$  і  $H_z$  - шари випавших і затриманих опадів відповідно, мм.

Загальний обсяг поверхневого стоку з водозбірної території за рік визначається як сума складових:

$$W = W_d + W_c + W_{пм}$$

де  $W_d$ ,  $W_c$  і  $W_{пм}$  – обсяги дощових, снігових і поливомийних стічних вод відповідно.

Сумарне значення річного виносу речовин з поверхневим стоком розраховується як

$$G = W_d \cdot C_d + W_c \cdot C_c + W_{пм} \cdot C_{пм}$$

де  $C_d$ ,  $C_c$  і  $C_{пм}$  – концентрації речовин у дощових, снігових і поливомийних стічних водах відповідно, г/м<sup>3</sup>.

Завдання. Розрахувати стік води, що надходить від різних джерел природного та техногенного характеру, а також обсяг речовин, які у ній містяться.

#### Хід роботи:

1. Описати методику розрахунку поверхневого стоку та річного виносу речовин з міської території.
2. Виконати розрахунок значень коефіцієнта поверхневого стоку атмосферних опадів для всієї міської території з урахуванням агрегатного стану опадів (таблиця 3) та видів підстилаючої поверхні (таблиця 4).
3. Виконати розрахунок значень коефіцієнта поверхневого стоку поливомийних стічних вод для міста з даної площею.
4. Визначити загальний обсяг водного поверхневого стоку з міської території за рік.
5. За представленими даними про концентрації речовин у стічних водах (таблиця 5) зважених речовин, нітратів і жирів визначити загальний обсяг стоку цих речовин з міської території.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.07- 05.02/2/103.00.1/Б/ВК- 5.1-2023
	Екземпляр № 1	Арк 50 / 27

Таблиця 3  
Агрегатний стан і кількість опадів, що випадають на території міста

Вид опадів	Сніг			Дощ						Сніг		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Місяці												
Кількість	45	50	52	63	55	53	56	46	35	39	38	40

Таблиця 4  
Площа видів підстилаючої поверхні міської території, км<sup>2</sup>

Категорія території	Варіанти														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Забудовані території	85	56	63	55	113	41	96	215	125	312	96	70	55	33	96
Незабудовані території	44	12	35	12	56	15	64	25	89	256	56	26	12	12	35
Парки, гравійні покриття	2	2	10	2	23	2	8	16	4	52	5	4	2	1	1
Водо-непроникні поверхні	12	22	18	22	78	25	52	23	55	186	22	56	22	16	56
Грунтові поверхні	6	5	16	12	18	2	13	10	18	23	13	4	12	1	3
Газони, зелені насадження	13	23	35	8	12	19	56	59	53	97	13	43	8	9	42
Хвойні ліси	20	12	5	1	52	2	13	46	2	13	10	12	1	2	25
Листяні ліси	12	1	3	5	33	2	55	15	8	25	5	6	5	3	10

#### Питання для перевірки та самоконтролю:

1. Який показник використовується для обліку втрат поверхневих стічних вод?
2. Як розраховується обсяг стічних вод, що утворилися в результаті випадання атмосферних опадів?
3. Які нормативи, що впливають на обсяг стоку, існують для робіт з миттяміських територій?
4. Як змінюється поверхневий стік при наявності великих лісових масивів?
5. Як розраховується сумарне значення річного виносу речовин з поверхневим стоком?

### ПРАКТИЧНА РОБОТА №9

#### ВИЗНАЧЕННЯ ПОРЯДКОВОЇ КЛАСИФІКАЦІЇ ПОТОКІВ

**Мета:** ознайомитися із різними підходами до порядкової класифікації потоків (за моделями Хортон, Штралера, Ржаніцина і Шріва); виявити спільні та відмінні риси різних схем порядку приток річки; навчитися здійснювати порядкову класифікацію приток річки за допомогою картографічних джерел.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.07- 05.02/2/103.00.1/Б/ВК- 5.1-2023
	Екземпляр № 1	Арк 50 / 28

### Теоретичні відомості

У гідрологічній літературі структура річкової системи рекомендується в наступному вигляді. Річкова система складається з головного стержня – головної річки та приток, що живлять її. Притоки, що впадають безпосередньо в головну річку, називаються притоками 1-го порядку (класу); притокам, що впадають в притоки 1-го порядку, присвоюється найменування приток 2-го порядку (класу) і т. д. (висхідна система).

Питання того, що в даній річковій системі вважається головною річкою, вирішується по ряду чисто формальних ознак: довжині, ширині і глибині річки, орографічним і геологічним особливостям берегів, прозорості і кольору води і т. д. Чим більший річковий басейн, тим більш розвинена його мережа, відповідно тим більший порядковий номер можуть отримувати окремі малі притоки. Такий поділ річок на класи дає уявлення про розвиток річкової мережі басейну, але має великий недолік: річки одного і того ж порядку (класу) при цьому не порівняти між собою. При такій класифікації в один клас попадають як дрібні притоки головної ріки, так і невеликі водні артерії.

Основу вивчення річкових систем заклав Р. Хортон у праці «Ерозійний розвиток річок і водозбірних басейнів». Він запропонував систему порядкової класифікації потоків і встановив ряд кількісних статистичних закономірностей їхньої будови, які пізніше з доповненнями С. Шумма дістали назву «Законів Хортон». «Закони Хортон» засвідчують «наявність статистичних залежностей від порядку водотоку, довжини, водності, кута сходження і площі водозбору». Якщо застосувати зворотну (низхідну) систему поділу річок на класи Р. Хортон, то ми виключимо в якійсь мірі недолік висхідної класифікації і отримаємо наступну картину: найменші, нерозгалужені (елементарні) водотоки, приймаються за притоки 1-го порядку (класу). Притоками 2-го порядку в цьому випадку будуть річки, які беруть притоки тільки 1-го порядку; притоками 3-го порядку – річки, які беруть притоки 1-го і 2-го порядку і т. д. Таким чином з'являється можливість порівняння рік однакового порядку річок і осереднення значень морфометричних характеристик по порядкам в певних фізико-географічних умовах, що є головною перевагою низхідної класифікації перед висхідною.

З розвитком уявлень про річкові мережі змінювались і системи їхньої класифікації. Так, у 1952 р. А. Штраллер удосконалив схему класифікації Р. Хортон (рис. 1).

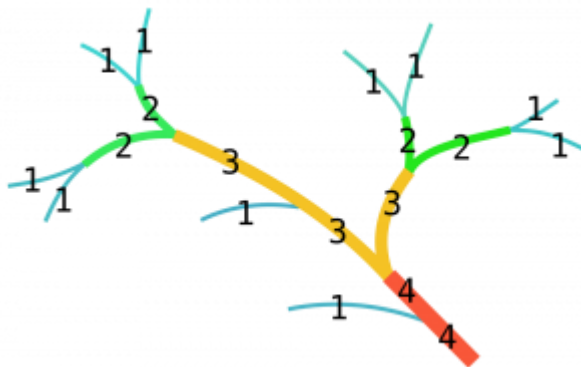


Рис. 1. Схема порядку приток річки згідно А. Н. Штраллера

Згідно з даними А. Штраллера найвищий порядок присвоюють тільки ділянці головної річки після впадіння в неї притоки з таким же високим рангом. Нерозгалужені водотоки вважаються водотоками 1-го порядку. Зливаючись, два водотоки 1-го порядку

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.07- 05.02/2/103.00.1/Б/ВК- 5.1-2023
	Екземпляр № 1	Арк 50 / 29

утворюють водотік 2-го порядку. Водотік 3-го порядку утворюється від злиття двох водотоків 2-го порядку, водотік 4-го – злиттям двох водотоків 3-го порядку і т.д. Якщо до притоки 2-го і вищого порядку приєднується будь-яка кількість приток 1-го порядку, його порядок залишається незмінним. Дещо пізніше В. Філософов незалежно від А. Штраллера запропонував аналогічну схему порядкової класифікації річок.

#### Завдання:

1. Використовуючи лекційний матеріал та додаткові джерела інформації вивчіть різні підходи до порядкової класифікації потоків (за моделями Хортон, Штралера, Ржаніцина і Шрива). Виділіть переваги та недоліки кожної із класифікацій. Результати внесіть до таблиці 1.

Таблиця 1

Схема порядку приток річки	Переваги	Недоліки
Висхідна		
Хортон Р.Е.		
Штралера А.		
Ржаніцина Н.А.		
Шайдеггера-Шрива		

2. Використовуючи інтерактивні карти «Атлас річок України» (URL: <https://river.land.kiev.ua/atlas-rivers.html>) (рис. 2. та рис. 3.) здійсніть порядкову класифікацію потоків річкових систем Південного Бугу та Сіверського Дінця задвома схемами: висхідною та низхідною (за Р.Е. Хотонем та А.Н. Штраллером).

3. Опрацюйте та проаналізуйте результати виконаного завдання 2. Підрахуйте кількість водотоків різних порядків за різними схемами. Визначте їх частку від загальної кількості всіх водотоків в басейні та запишіть отримані дані до таблиці 2.

Таблиця 2.

Порядкова класифікація	Притоки									
	I порядку		II порядку		III порядку		IV порядку		V порядку	
	К-сть	%	К-сть	%	К-сть	%	К-сть	%	К-сть	%
Висхідна										
За Хотонем										
за Штраллером										

1. Випишіть усі притоки річок Південний Буг та Сіверський Донець та визначіть їх порядок за висхідною та низхідною (за Р.Е. Хотонем та А.Н. Штраллером) порядковою класифікаціями

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.07- 05.02/2/103.00.1/Б/ВК- 5.1-2023
	Екземпляр № 1	Арк 50 / 30

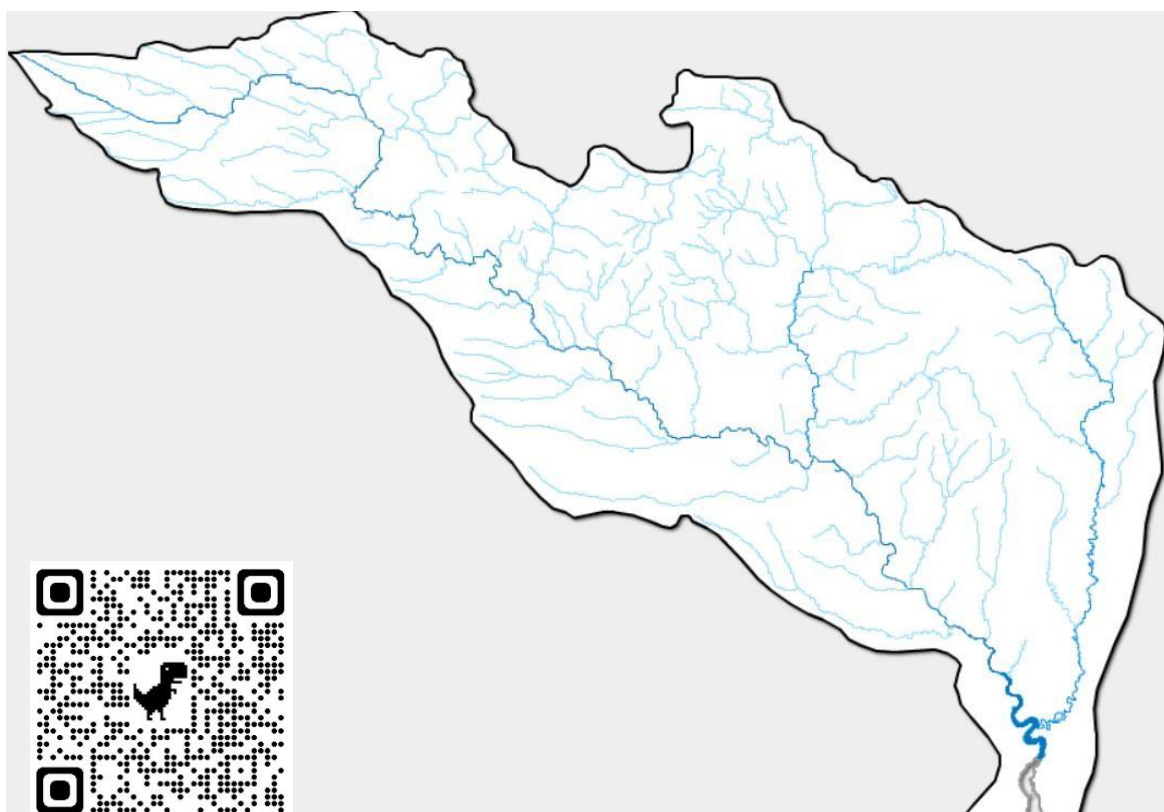


Рис. 2. Схема річкова система Південного Бугу

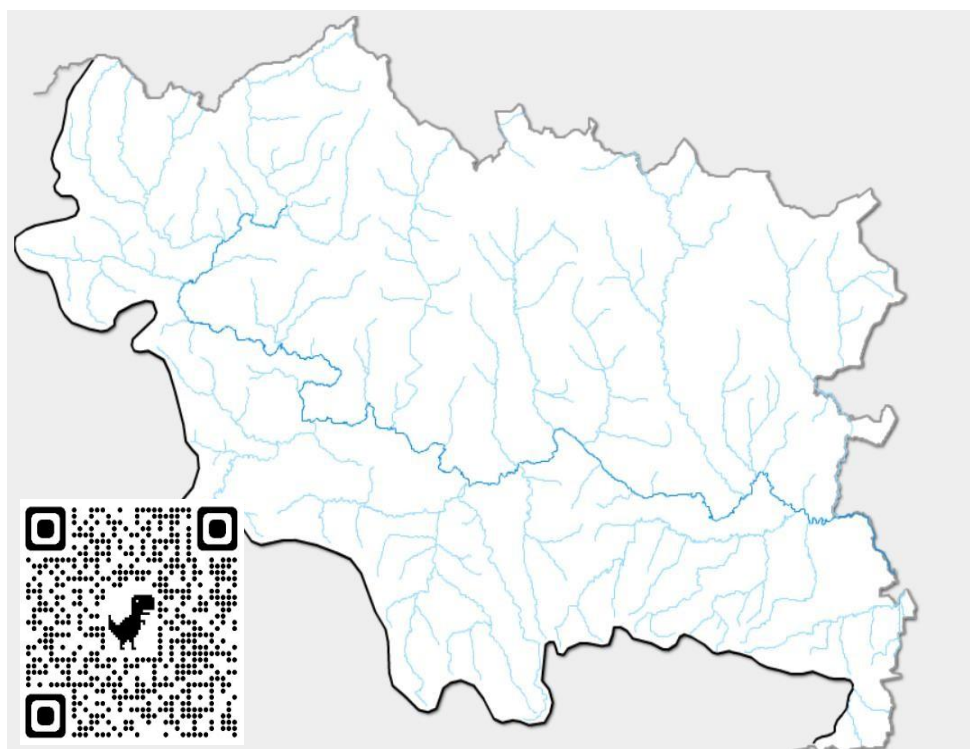


Рис. 3. Схема річкової системи Сіверського Дінця

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.07- 05.02/2/103.00.1/Б/ВК- 5.1-2023
	Екземпляр № 1	Арк 50 / 31

**ПРАКТИЧНА РОБОТА №10**  
**ТЕМА: КІЛЬКІСНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВОДНОГО ПОТОКУ:**  
**ВИТРАТИ ВОДИ ТА РІЧКОВИЙ СТІК**

**Мета:** навчитися вимірювати і обчислювати кількісні характеристики водного потоку, знати поняття: витрати річки, об'єм стоку, модуль стоку, шар стоку, коефіцієнт стоку, вміти їх визначати.

**Зміст практичної роботи**

Характеристики стоку дають уяву про водність рік. У практиці гідрологічних розрахунків для кількісного оцінювання стоку річок застосовують такі характеристики: витрата води, об'єм стоку, модуль стоку, шар стоку, модульний коефіцієнт, коефіцієнт стоку, норма стоку.

*Водність рік* – кількість води, яка проноситься ріками в середньому за рік. Показником величини водності рік є середній багаторічний об'єм річкового стоку або середня багаторічна витрата води.

*Витратою води* називають кількість води, що протікає через поперечний (водний) переріз річки за одну секунду. Витрата води характеризує водність ріки певний момент часу. Її позначають через  $Q$  і виражають у  $\text{м}^3/\text{с}$ , а при малих її значеннях – у л/с. Середні значення витрат за добу, декаду, місяць, сезон, рік та багато років також виражають у  $\text{м}^3/\text{с}$  або л/с.

Обчислити витрати річки  $Q$ ,  $\text{м}^3/\text{с}$ , на основі власних спостережень, можна за формулою:

$$Q = V_{\text{ср}} \cdot s$$

де  $V_{\text{ср}}$  – середня швидкість потоку,  $\text{м}^2/\text{с}$ ;  $s$  – площа «живої» течії,  $\text{м}^2$ .

*Об'єм стоку (W)* – кількість води, що протекла через даний переріз річки за даний проміжок часу (рік, сезон, місяць, декаду, добу). Його визначають за формулою:

$$W = Q \cdot T,$$

де  $Q$  – середня витрата води за прийнятий період,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;  $T$  – кількість секунд в періоді. Залежно від тривалості періоду і водності річки об'єм стоку виражають у  $\text{м}^3$ ,  $\text{млн.м}^3$  або  $\text{км}^3$

*Модуль стоку* – кількість води в літрах, що стікає за одну секунду з одиниці площі водозбору (інколи л/с з 1 га; для максимальної витрати в  $\text{м}^3/\text{с}$  з 1  $\text{км}^2$ ). Модуль стоку визначається за формулою:

$$M = \frac{Q}{F} \cdot 10^3,$$

де  $F$  – площа водозбірного басейну.

Модуль стоку, як і витрата, може бути середнім за добу, декаду, місяць, рік, багато років, а також за паводок, повінь та межень.

*Висота шару стоку (шар стоку)* – висота шару води у міліметрах, яка рівномірно розподілена по площі водозбору і стікає з нього за певний проміжок часу. Шар стоку  $S$  за будь-який період визначають діленням об'єму стоку на площу водозбору

$$S = \frac{W}{F \cdot 10^3}$$

Між шаром і модулем стоку існує залежність:

$$S = 31.56 M$$

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.07- 05.02/2/103.00.1/Б/ВК- 5.1-2023
	Екземпляр № 1	Арк 50 / 32

**Норма стоку** – середня величина стоку за тривалий період (багаторічний).

**Коефіцієнт стоку (K)** – величина, що показує, яка частина опадів припадає на стік:

$$K_{\text{рік}} = \frac{S}{P} \cdot 100\%, \quad (8.6)$$

де P – кількість опадів на водозборі за рік.

Із карти опадів визначити середньорічну кількість опадів для басейну даної річки.

**Модульний коефіцієнт (K<sub>i</sub>)** – відношення величини стоку за будь-який період до середнього багаторічного його значення за той же період:

$$K_i = \frac{Q_i}{Q_0} = \frac{W_i}{W_0} = \frac{M_i}{M_0} = \frac{Y_i}{Y_0}, \quad (8.7)$$

Річковий стік формується під впливом чималої кількості різних чинників, які можна поділити на кліматичні та інші фізико-географічні. Особливу групу становлять чинники, спричинені з господарською діяльністю людини.

Головними кліматичними чинниками стоку є опади, випаровування, температура, вологість і дефіцит вологості повітря, вітер. З перелічених чинників найважливішими вважають опади і випаровування, що безпосередньо впливають на стік. Наприклад, за наявності опадів, однак за інтенсивного випаровування стік буде незначним. Якщо ж опади великі, а випаровування мале, то стік буде значним. Температура, вологість повітря і вітер впливають на умови випадання опадів, стан поверхні ґрунту, дефіцит вологості повітря і величину випаровування, впливаючи, таким чином, опосередковано на річковий стік.

Інші фізико-географічні чинники – геологічна будова, рельєф, ґрунти, рослинність, озерність, заболоченість, величина та форма басейну – деякою мірою безпосередньо впливають на стік. Найчастіше вони чинять вплив на кліматичні чинники і на величину втрат стоку.

Геологічні умови річкового басейну визначають можливість накопичення й витрачання підземних вод, що живлять річки. Пористі та шпаруваті гірські породи акумулюють воду, що надходить, і сприяють живленню річок. Величина стоку річкового басейну, сформованого такими породами, більша порівняно зі стоком річки, басейн якої складений водонепроникними породами. Значний вплив на стік має карст, який створює своєрідний комплекс форм рельєфу (вирви, улоговини, провалини тощо.) унаслідок дії води на легкокорозійні гірські породи. Вплив карсту на річковий стік при різному характері водообміну може бути негативним (у зоні поглинання стоку) і позитивним (у зоні розвантаження стоку) порівняно зі стоком річок незакаретованих басейнів цієї ж зони.

Вплив рельєфу на стік річок досить різноманітний. Дуже розчленований рельєф сприяє інтенсивному розвитку поверхневого стоку. При рівнинному, малорозчленованому рельєфі стік атмосферних опадів на схилах відбувається сповільнено, збільшується його інфільтрація у ґрунт та витрати на випаровування. Унаслідок цього поверхневий стік зменшується, а підземний –

збільшується. Рельєф значною мірою впливає і на опади. У випадку збільшення висоти басейну зростає кількість опадів і знижується температура повітря, унаслідок чого зменшується випаровування і, відповідно, збільшується стік.



Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.07- 05.02/2/103.00.1/Б/ВК- 5.1-2023
	Екземпляр № 1	Арк 50 / 33

Вплив ґрунту відбивається на величині стоку через величину випаровування. Піщані ґрунти зазвичай зменшують поверхневий стік і менше випаровують вологи порівняно з малопроникними вологомісткими ґрунтами (глиною, суглинком, торфом тощо) та збільшують підземний стік. На малопроникних ґрунтах, навпаки, у зв'язку з малою інфільтрацією поверхневий стік збільшується, а підземний – зменшується. Наприклад, інтенсивність інфільтрації суглинкових і глинистих ґрунтів у 5-10 разів менша, ніж піщаних та супіщаних. Мерзлі ґрунти незалежно від їхньої будови і типу стають водонепроникними і тому збільшують поверхневий стік.

Рослинний покрив створює додаткову шорсткість для схилового стоку і тому зменшує швидкість стікання води і збільшує інфільтрацію води в ґрунт, тобто сприяє зниженню поверхневого та підвищенню підземного стоку.

Вплив лісу на річковий стік різний на великих і малих річках. На малих річках з неглибоким врізом русла під впливом інфільтраційної спроможності лісових ґрунтів відбувається переведення частини поверхневого стоку в підземний, який виклинюється у руслах великих річок, часто за межами даного басейну. Це спричиняє зменшення стоку малих річок. Вплив лісу на стік великих та середніх річок, які цілковито дрениують підземні води, ще недостатньо вивчено. Вважають, що він неоднозначний і залежить від кліматичних умов зони. Наприклад, за Д.Л. Соколовським, у надмірно зволжених районах ліс зменшує, а в посушливих – збільшує річковий стік.

Озера є природними регуляторами поверхневого стоку. За рахунок акумуляції частини об'ємів повеней і паводків вони знижують максимальні витрати, віддають значну кількість води річкам у період межені і зменшують річковий стік унаслідок значно більшого випаровування з водної поверхні порівняно з випаровуванням з поверхні суші. У різних кліматичних зонах різниця у випаровуванні з озер і суші буде різною і зростатиме у напрямі з півночі на південь.

Вплив боліт на річковий стік може бути як позитивним, так і негативним. Дослідами встановлено, що в районах достатнього зволоження болота не знижують загальної величини річкового стоку, а в зоні надмірного зволоження навіть дещо збільшують її. Тим часом в умовах недостатнього зволоження за рахунок підвищеного випаровування порівняно з випаровуванням з суші болота зменшують річковий стік.

Площа водозбору є опосередкованим показником глибини ерозійного врізу русла. Тому чим більший вріз русла, тим більшу кількість водоносних горизонтів розкриває річка і тим більшим стає її підземний стік. У зв'язку з тим стік малих річок менший, ніж великих і середніх, на величину певної частки підземного живлення, яку не дрениують малі річкові басейни. Зв'язок річкового стоку з величиною площі водозбору спостерігається на річках, що деякою мірою дрениують підземні води. У посушливих степових і напівпустинних площа водозбору та глибина ерозійного врізу русла не мають значного впливу на зміну величини стоку завдяки незначному ґрунтовому живленню річок або його цілковитій відсутності. Більше того, наявність тут плоского рельєфу та безстічних площ сприяє навіть зменшенню стоку зі збільшенням площі басейну. Форма басейну також впливає на річковий стік. Чим вужчий басейн, тим коротший шлях добігання води від вододілу до русла, менші втрати стоку на інфільтрацію у ґрунт і більший поверхневий стік.

Господарська діяльність людини на водозборах і в руслах річок спричиняє зменшення або збільшення стоку, до зміни його внутрішнього розподілу. Такі агротехнічні заходи, як глибока і зяблева оранки поперек схилу, снігозатримання, сприяють збільшенню шпаруватості та проникності ґрунтів і посиленню інфільтрації талих і дощових вод, затриманню поверхневого стоку на полях і зниженню його величини зі схилів. Під впливом агротехнічних заходів особливо значне зменшення поверхневого стоку спостерігається у степових районах.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.07- 05.02/2/103.00.1/Б/ВК- 5.1-2023
	Екземпляр № 1	Арк 50 / 34

Будівництво водосховищ і ставків, регулювання ними стоку, спорудження каналів для переміщення води з одних річок в інші, використання води для зрошення й обводнення, осушення території, скид в річки промислових, шахтних і побутових вод значно змінюють гідрологічний режим річок. Водосховища і ставки збільшують площу водного дзеркала і тим самим знижують (як і озера) стік річок унаслідок більшого випаровування з водної поверхні. Дослідженнями встановлено, що на значній частині території України зменшення стоку малих і навіть середніх річок за рахунок ставків і зрошення полів сягає в середньому 5-25 %.

У Донбасі, Криворіжжі та в деяких промислових районах спостерігається певне збільшення стоку окремих річок за рахунок скидів у них шахтних, промислових і побутових вод.

### Завдання:

1. Використовуючи дані таблиці 1 та формули 1-6., визначите наступні показники для перерахованих річок:

- 1.1. Об'єм стоку (в мільйонах м<sup>3</sup> або км<sup>3</sup>).
- 1.2. Модуль стоку.
- 1.3. Шар стоку.
- 1.4. Коефіцієнт стоку.

2. Побудуйте діаграми річкового стоку адміністративних областей України. Для побудови діаграм використовуйте дані таблиці 2, відклавши по вертикалі (у масштабі 1 см – 5 км<sup>3</sup>) – середні багаторічні значення витрати води. Зробіть короткий письмовий аналіз діаграм.

3. Побудуйте діаграми водності основних річок України. Для побудови діаграм використовуйте дані таблиці 3, відклавши по вертикалі (у масштабі 1 см –

5 м<sup>3</sup>/с) – середні багаторічні значення витрати води. Зробіть короткий письмовий аналіз діаграм.

Таблиця 1

Дані для виконання обчислювальних робіт кількісних характеристик річки

Назва річки, створ.	Площа водозбору, км <sup>2</sup>	Середня швидкість потоку, м/с	Ширина, м	Максимальна глибина, м	Середня кількість опадів, мм
Дніпро, м. Київ	300000	0,3	270	21	600
Дніпро, гирло	504000	0,3	550	30	600
Дністер, гирло	72100	0,3	166	9	500
Дунай, с. Вилково	1870000	0,4	800	42	650
Псел, м. Суми	22800	0,2	80	6	550
Тиса, гирло	157000	0,5	70	9	700

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.07- 05.02/2/103.00.1/Б/ВК- 5.1-2023
	Екземпляр № 1	Арк 50 / 35

Таблиця 2

Річковий стік адміністративних областей України (за багаторічний період)

Адміністративна область	Площа території, тис км <sup>2</sup>	Середні багаторічні значення річкового стоку	
		м /сек	км
АР Крим	27,0	29,0	0,91
Вінницька	26,5	349	11,0
Волинська	20,2	128	4,05
Дніпропетровська	31,9	1681	53,0
Донецька	26,5	140	4,40
Житомирська	29,9	118	3,71
Закарпатська	12,8	421	13,3
Запорізька	27,2	1680	53,0
Івано-Франківська	13,9	298	9,40
Київська	28,9	1473	46,4
Кіровоградська	24,6	1590	50,2
Луганська	26,7	161	5,09
Львівська	21,8	176	5,55
Миколаївська	24,6	127	4,00
Одеська	33,3	409	12,5
Полтавська	28,8	1632	51,5
Рівненська	20,1	222	7,00
Сумська	23,8	184	5,79
Тернопільська	13,8	230	7,26
Харківська	31,4	108	3,41
Херсонська	28,5	1728	54,4
Хмельницька	20,6	312	9,82
Черкаська	20,9	1503	47,4
Чернівецька	8,1	321	10,1
Чернігівська	31,9	938	29,57

Таблиця 3

Водний стік основних річкових басейнів України (за багаторічний період)

Річка - пост	Площа басейну, км <sup>2</sup>	Середні багаторічні величини річкового стоку		
		витрати води, м <sup>3</sup> /с	модуль стоку, л/с/км <sup>2</sup>	об'єм стоку, км <sup>3</sup>
Тиса - смт Вілок	9180	213	23,2	6,72
Тересва - с Нересниця	1100	30,7	27,9	0,968
Ріка - м. Хуст	1130	36,8	32,6	1,16
Боржава - с Шаланки	1100	20,9	19,0	0,659
Латориця - м. Мукачево	1360	25,7	18,9	0,811
Прут - м. Чернівці	6890	65,0	9,43	2,05
Дністер - с Заліщики	24600	246	10,0	7,76
Дністер - м. Бендери	66100	339	5,13	10,69
Стрий - смт. Верхнє Синьвидне	2400	41,4	17,3	1,31
Лімниця - с. Перевозець	1490	22,2	14,9	0,700
Бистриця - с. Ямниця	2450	29,0	11,8	0,915
Серет - м. Чортків	3170	13,7	4,32	0,432

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.07- 05.02/2/103.00.1/Б/ВК- 5.1-2023
	Екземпляр № 1	Арк 50 / 36

Збруч - Завалівська ГЕС	3130	9,44	3,02	0,298
Пд.Буг - с Олександрівка	46200	91,5	1,98	2,89
Десна - с Сосонка	1300	3075	2,89	0,118
Інгул - с Новогорожено	6670	9,18	1,38	0,290
Буг - м. Сокаль	6250	28,4	4,55	0,896
Прип'ять - м. Мозир	97200	383	3,94	12,08
Інгулець - с Могилівка	9280	9,51	1,03	0,300
Сіверський Донець - с Кружилівка	73200	161	2,20	5,08
Кальміус - смт. Приморське	3700	8,77	2,37	0,277
Горинь - с Річиця	2700	96,8	3,59	3,05
Десна - м. Чернігів	81400	320	3,93	10,09
Сейм - с Мутіно	25600	100	3,91	3,15
Дніпро - смт. Лоцманська Кам'янка	463000	1662	3,59	52,42
Рось - м. Корсунь Шевченківський	103000	22,6	2,19	0,713
Сула - с Галицьке	18700	40,9	2,19	1,29
Псьол - с Запсельє	21800	50,6	2,32	1,60
Ворскла - с. Кобиляки	13600	30,6	2,25	0,965

## ПРАКТИЧНА РОБОТА № 11 ОЦІНЮВАННЯ КІЛЬКІСНОГО ТА ЯКІСНОГО ВИСНАЖЕННЯ ПОВЕРХНЕВИХ ТА ПІДЗЕМНИХ ВОД.

### Теоретичні відомості

Поверхневий стік з територій міст та промислових майданчиків є суттєвим джерелом забруднення та замулення водних об'єктів. Встановлено, що у заселених зонах з поверхневим стоком у поверхневі води потрапляє 80% забруднюючих речовин.

Найбільш високий рівень забруднення поверхневого стоку спостерігається на територіях великих торгівельних центрів, автомагістралях, територіях промислових підприємств.

В залежності від складу накопичених на території промислових підприємств забруднюючих речовин, промислові підприємства поділяють на дві групи.

До першої відносять підприємства, стік з території яких не містить специфічних речовин токсичної дії (енергетика, чорна металургія, машинобудування, приладобудівельні заводи, легка, харчова, електротехнічна промисловість). Інші підприємства відносять до другої групи та характеризуються великою кількістю органічних домішок та специфічних речовин. Для того щоб визначити кількість речовин, які надходять у водний об'єкт з поверхневим стоком, необхідно знати його склад та витрату. Частина води перехоплюється верхніми шарами рослинного покриву, частина стікає по ухилах поверхні у водний об'єкт, частина випаровується, частина потрапляє у ґрунтові води. Та частина води, яка залишається, являє собою загальний шар поверхневого стоку. Для розрахунку приблизної величини впливу міського ВГК на загальний стік річки користуються методикою І.А. Шикломанова (1985).

### Порядок виконання роботи:

1. Визначити сезонні зменшення стоку річки за рахунок водоспоживання промисловості, енергетики, комунального господарства за формулами:

$$\Delta Y = K \times Q$$

$$\Delta Y_e = K_e \times Q_e$$

$$\Delta Y_{\text{ком.}} = K_{\text{ком.}} \times Q_{\text{ком.}}$$

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.07- 05.02/2/103.00.1/Б/ВК- 5.1-2023
	Екземпляр № 1	Арк 50 / 37

де  $K_{пр}$ ,  $K_e$ ,  $K_{ком}$  – емпіричні коефіцієнти, значення яких наведені в табл. 1.

$Q_{пр}$ ,  $Q_e$ ,  $Q_{ком}$  - сумарні водозабори на потреби промисловості, енергетики і комунального господарства, м<sup>3</sup>/с.

2. Користуючись вихідними даними, виписати, згідно варіанту значення  $Q_{пр}$ ,  $Q_e$ ,  $Q_{ком}$ .

Таблиця 1

Емпіричні коефіцієнти для розрахунку зменшення річкового стоку в результаті водоспоживання (в частках від водозабору) (за І.А. Шикломановим, 1985)

$K_{пр}$	$K_e$	$K_{ком}$	$K_{пр}$	$K_e$	$K_{ком}$
Північні райони			Південні райони		
0,15-0,20	0,02-0,03	0,08-0,12	0,30-0,40	0,06-0,09	0,20-0,30

3. За наведеними нижче формулами провести розрахунок зміни об'єму стоку річки. Розрахунок проводимо за формулами:

$$\Delta Q = Q_{сум.} - Q$$

де  $Q$  - зміна об'єму стоку річки,  $Q_{сум.}$  - сумарний об'єм річкового стоку і скиду очищених стічних вод нижче міста,  $Q_{пр}$  - об'єм річкового стоку вище міського водозабору

Таблиця 2

Вихідні дані для розрахунку зменшення стікання річки

Варіант №	$Q_{пр}$ , м <sup>3</sup> /с	$Q_e$ , м <sup>3</sup> /с	$Q_{ком}$ , м <sup>3</sup> /с	$Q_{сум.}$ , м <sup>3</sup> /с	$Q_{пр}$ , м <sup>3</sup> /с
1	21	51	16	349	344
2	15	27	11	128	120
3	98	122	40	1681	1677
4	16	21	9	140	133
5	11	18	4	118	111
6	7	11	1	421	420
7	40	65	21	1680	1666
8	19	21	11	298	291
9	36	55	21	1590	1588
10	10	19	3	409	400
11	101	135	22	1642	1640
12	7	10	1	161	155
13	4	14	2	176	175
14	5	13	3	127	121
15	12	17	10	230	222

4. По отриманим даним зробити висновки про зміну об'єму стоку в річці.

#### Питання для самоконтролю:

1. Що таке річковий сток?
2. Які параметри враховуються при розрахунку річкового стоку?
3. Яким чином на річковий сток впливають антропогенні фактори?
4. Як розраховується об'єм річкового стоку?
5. Чи впливають стоки міста на загальний річковий сток?

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.07- 05.02/2/103.00.1/Б/ВК- 5.1-2023
	Екземпляр № 1	Арк 50 / 38

## ПРАКТИЧНА РОБОТА № 12 РОЗРАХУНОК ФРАКЦІЙНОГО СКЛАДУ ЗАВИСЛИХ РЕЧОВИН У СТІЧНИХ ВОДАХ

**Мета роботи:** Ознайомитись із методикою розрахунку фракційного складу завислих частинок речовин у стічних водах.

**Методика розрахунку** базується на ваговому аналізі окремих фракцій твердих домішок у стічних водах, що поступово вилучаються методами седиментації, фільтрації, випаровування та прожарювання. Послідовність операцій фракційного аналізу цих речовин зображено на рис.1.

Склад стічних вод досить різноманітний, у них містяться різні фракції завислих частинок, серед яких колоїдні та розчинні. Розглянемо кожну з них.

*Речовини осаду (РО)* – фракція зважених частинок, які осідають протягом 1 години.

*Сухий залишок (СО)* – фракція зважених речовин, отриманих після висушування зразка при температурі 103 – 105 °С.

*Колоїдні речовини (КР)* – фракція зважених частинок, що затримуються на фільтрі, номінальний розмір пор якого становить 1,58 мкм при температурі 103...105 °С.

*Розчинні речовини (РР)* – фракція розчинних зважених частинок, які пройшли через фільтр й утворюються шляхом висушування при 103...105 °С. До того ж, у цій фракції присутні як розчинні, так і дрібнодисперсні (колоїдні) частинки розміром 0,001...1 мкм.

*Леткі колоїдні речовин (ЛКР)* – фракція зважених частинок, які можна відігнати шляхом прожарювання осаду фракції колоїдних речовин при температурі 500±50 °С.

*Зв'язані колоїдні речовини (ЗКР)* – фракція зважених частинок, яку отримують після прожарювання осаду фракції колоїдних речовин (КР) при температурі 500±50 °С.

*Леткі розчинні речовини (ЛРР)* – розчинні тверді частинки, які пройшли через фільтр і можуть бути відігнані за допомогою прожарювання фракції РР при 500±50 °С.

*Зв'язані розчинні речовини (ЗРР)* – осад, який залишається внаслідок прожарювання зразка РР при температурі 500±50 °С.

*Леткі речовини (ЛР)* – загальна кількість летких зважених частинок, які можна відігнати за допомогою прожарювання зразків при температурі 500±50 °С.

*Зв'язані речовини (ЗР)* – осад, який залишається після прожарювання зразка при температурі 500±50 °С.

### **Контрольне завдання**

1. Виконати фракційний аналіз стічних вод за вихідними даними, що наведені в табл. 1.

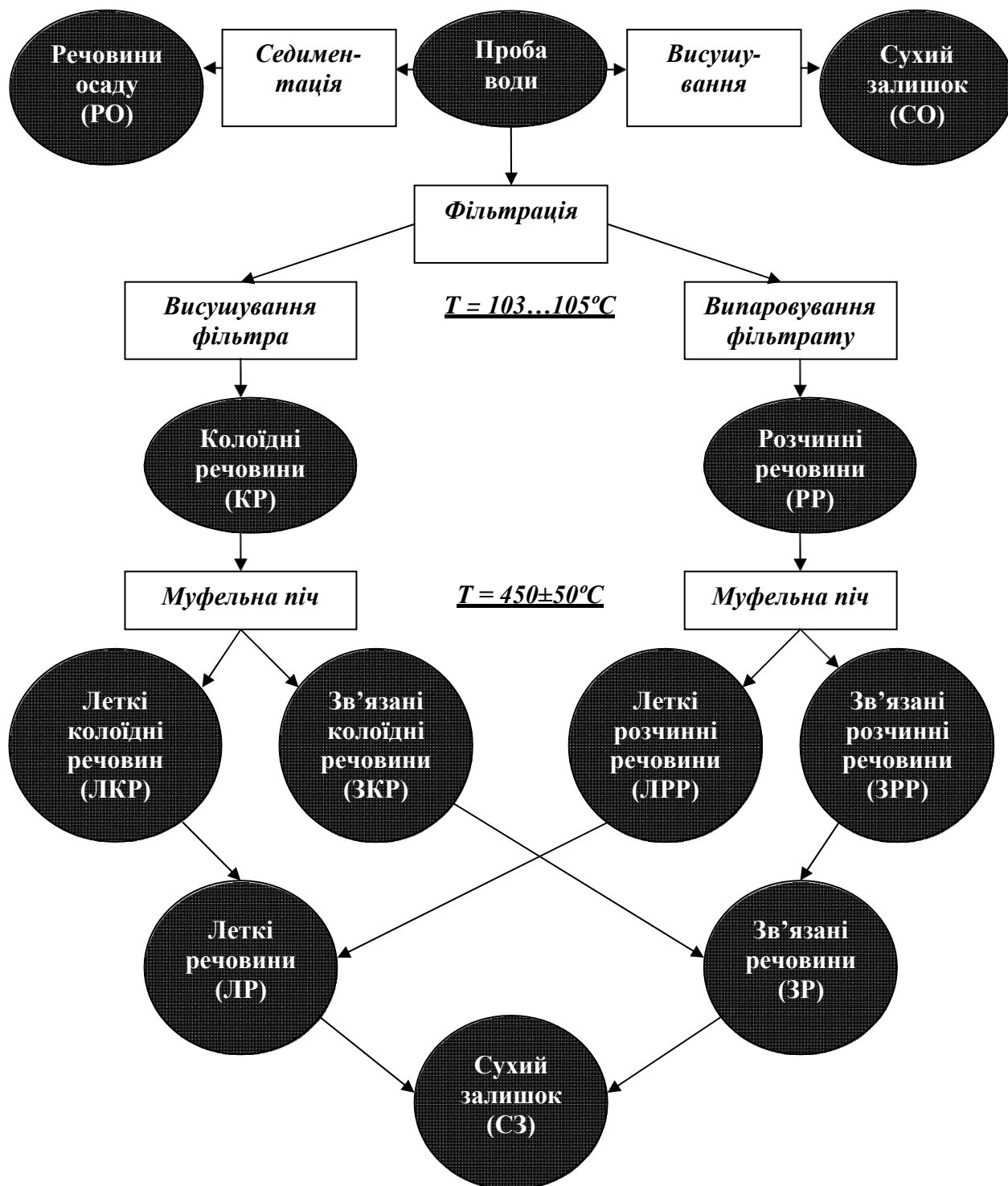


Рис. 1. Методологія визначення фракційного складу завислих частинок у стоках промислових підприємств

#### *Приклад розв'язування типової задачі*

**Задача.** Для аналізу стічних вод на вміст завислих частинок досліджувалася проба води об'ємом 50 мл. При цьому, всі зразки перед тестуванням булизневоднені, висушені й прожарені поки не набули постійної маси.

За результатами тестування отримано такі експериментальні дані:

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.07- 05.02/2/103.00.1/Б/ВК- 5.1-2023
	Екземпляр № 1	Арк 50 / 40

1. Маса чашки для випарювання рідини (Ч) становить 53,5433 г.
  2. Маса чашки для випарювання рідини + осад (О) після випаровування рідкої фази ( $T = 102...105\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) Ч+О(105 °С) = 53,5794 г.
  3. Маса чашки для випарювання рідини з осадом після прожарювання в муфельній печі ( $T = 450\pm 50\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) Ч+О(500 °С) = 53,5625 г.
  4. Маса паперового фільтра для тонкого очищення рідини після сушіння Ф(105 °С) = 1,5433 г.
  5. Маса паперового фільтра для тонкого очищення рідини з осадом після сушіння Ф+О(105 °С) = 1,5554 г.
  6. Маса паперового фільтра для тонкого очищення рідини з осадом після прожарювання в муфельній печі ( $T = 450\pm 50\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) Ф+О(500 °С) = 1,5476 г.
- Визначити концентрацію фракцій зважених частинок речовин та встановити належність стічних вод до певного типу.

#### Розв'язування

1. Визначимо загальну концентрацію зважених речовин, тобто масу сухого залишку:  

$$СЗ = [Ч+О(105^{\circ}\text{C}) - Ч] / V = (53,5794\text{ г} - 53,5433\text{ г}) / 0,050\text{ л} = 0,722\text{ г/л} = 722\text{ мг/л}.$$
2. Обчислюємо вміст летких речовин:  

$$ЛР = [Ч+О(105^{\circ}\text{C}) - Ч+О(500^{\circ}\text{C})] / V = (53,5794\text{ г} - 53,5625\text{ г}) / 0,050\text{ л} = 0,338\text{ г/л}.$$
3. Розраховуємо вміст фракції зважених колоїдних речовин:  

$$КР = [Ф+О(105^{\circ}\text{C}) - Ф(105^{\circ}\text{C})] / V = (1,5554\text{ г} - 1,5433\text{ г}) / 0,050\text{ л} = 0,242\text{ г/л}.$$
4. Визначимо вміст фракції летких колоїдних речовин:  

$$ЛКР = [Ф+О(105^{\circ}\text{C}) - Ф+О(500^{\circ}\text{C})] / V = 1,5554\text{ г} - 1,5476\text{ г} / 0,050\text{ л} = 0,156\text{ г/л}.$$
5. Обчислюємо вміст розчинних речовин:  

$$РР = СЗ - КР = 0,722\text{ г/л} - 0,242\text{ г/л} = 0,480\text{ г/л}.$$
6. Визначимо вміст летких розчинних речовин:  

$$ЛРР = ЛР - ЛКР = 0,338\text{ г/л} - 0,156\text{ г/л} = 0,182\text{ г/л}.$$

**Таблиця 1 – Вихідні дані для фракційного аналізу стічних вод**

№ п/п	Вихідні показники	Умовне позначення	№ варіанта			
			1	2	3	4
1	Маса чашки для випарювання рідини, г	Ч	53,5433	53,1424	58,478	53,7159
2	Маса чашки для випарювання рідини з осадом після випаровування при 105°С, г	Ч+О (105°С)	53,7632	53,3233	59,0355	53,9945
3	Маса чашки з осадом після прожарювання в муфельній печі ( $T = 450\pm 50^{\circ}\text{C}$ ), г	Ч+О(500°С)	53,7512	53,2573	58,9668	53,9805
4	Маса паперового фільтра для тонкого очищення рідини після сушіння, г	Ф(105°С)	1,5433	1,6287	1,5433	1,9174



Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.07- 05.02/2/103.00.1/Б/ВК- 5.1-2023
	Екземпляр № 1	Арк 50 / 41

5	Маса паперового фільтра для тонкої фільтрації рідин з осадом після сушіння, г	$\Phi + O(105^{\circ}\text{C})$	1,5851	1,6852	1,5741	1,9256
6	Маса паперового фільтра з осадом після прожарювання при 550°C, г	$\Phi + O(500^{\circ}\text{C})$	1,5763	1,6463	1,5498	1,9194
7	Об'єм проби води, л	V	0,05	0,05	0,05	0,05

№ п/п	№ варіанта							
	5	6	7	8	9	10	11	12
1	55,2816	52,9648	53,5433	53,7685	54,5433	56,1229	53,7159	53,5433
2	55,7793	53,2986	53,5794	53,9976	54,5579	56,1657	53,9945	53,7632
3	55,5625	52,9865	53,5625	53,8244	54,5496	56,1456	53,9805	53,7512
4	1,5433	1,8934	1,5433	1,6422	1,5433	1,5433	1,9174	1,5433
5	1,5745	1,9674	1,5554	1,6755	1,5554	1,5554	1,9256	1,5851
6	1,5576	1,9115	1,5476	1,6034	1,5476	1,5476	1,9194	1,5763
7	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05

№ п/п	№ варіанта							
	13	14	15	16	17	18	19	20
1	53,1424	58,478	55,2816	52,9648	53,5433	53,7685	54,5433	56,1229
2	53,3233	59,0355	55,7793	53,2986	53,5794	53,9976	54,5579	56,1657
3	53,2573	58,9668	55,5625	52,9865	53,5625	53,8244	54,5496	56,1456
4	1,6287	1,5433	1,5433	1,8934	1,5433	1,6422	1,5433	1,5433
5	1,6852	1,5741	1,5745	1,9674	1,5554	1,6755	1,5554	1,5554
6	1,6463	1,5498	1,5576	1,9115	1,5476	1,6034	1,5476	1,5476
7	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05

*Примітка.* Номер варіанта кожен студент визначає за номером власного прізвища в списку академічної групи.

### **Питання для самоконтролю**

1. Поясніть методику виконання фракційного аналізу стічних вод.
2. У чому полягає різниця між фракціями колоїдних та розчинних речовин?
3. Що являє собою сухий залишок стічних вод?

## **ПРАКТИЧНА РОБОТА № 13 ВИЗНАЧЕННЯ НЕОБХІДНОГО СТУПЕНЯ ОЧИЩЕННЯ ВИРОБНИЧИХ СТІЧНИХ ВОД**

**Мета роботи:** Навчитись оцінювати належний ступінь очищення виробничих стічних вод за кількістю наявних там зважених речовин та БСК, враховуючи санітарно-гігієнічні вимоги.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.07- 05.02/2/103.00.1/Б/ВК- 5.1-2023
	Екземпляр № 1	Арк 50 / 42

**Методика розрахунку.** Щоб точно розрахувати потрібну якість очищення стічних вод, що скидаються у водойму, необхідно зібрати докладні дані про їх кількість і склад, а також врахувати місцеві гідрологічні й санітарні умови. В основі таких розрахунків – кількість зважених у стоках речовин, допустима величині біологічного споживання кисню (БСК) в суміші річкової води і стічних вод, гранично допустимі концентрації (ГДК) речовин-забруднювачів, а також інші параметри (рис. 2).

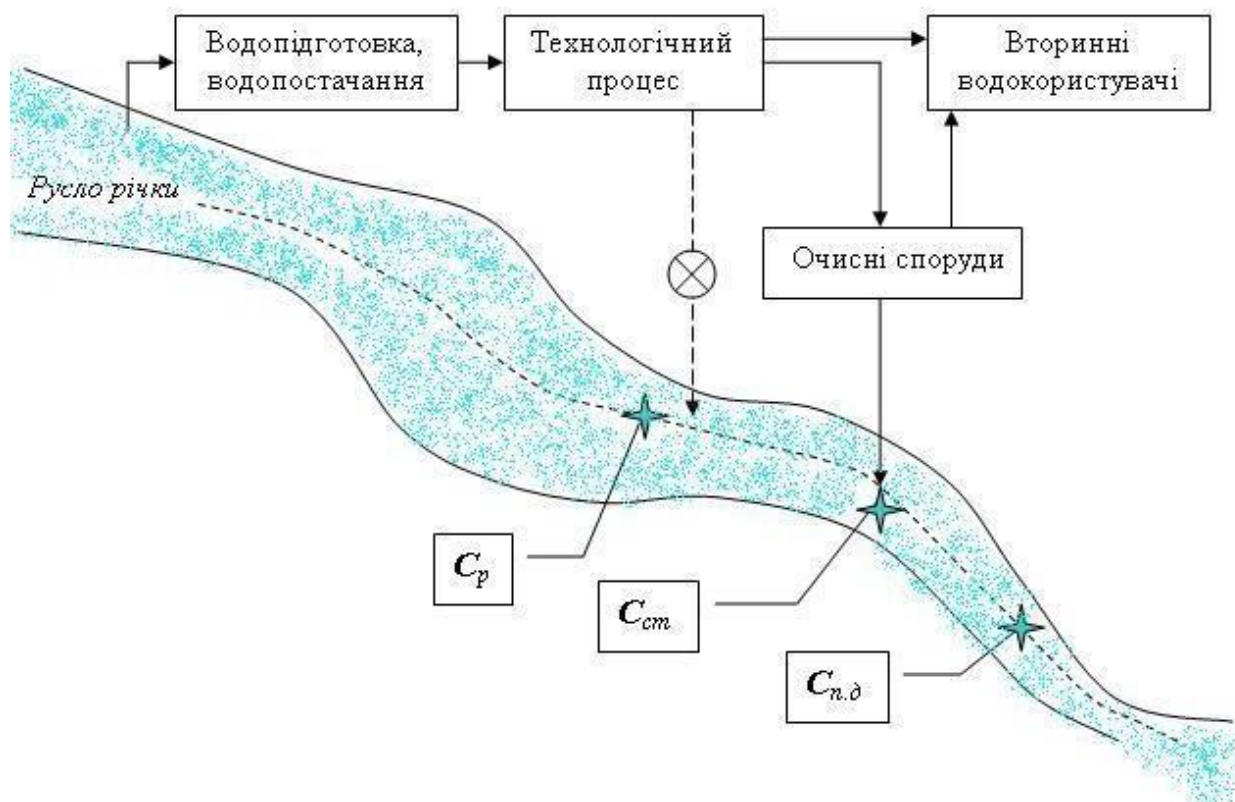


Рис. 2. Схема скидання стічних вод у водойму:

⊗ – надходження стоків, що відповідають санітарним вимогам; ✨ – контрольні точки оцінювання якості стоків

Взаємозв'язок між санітарними вимогами до стоків, що надходять у водойми, та необхідним ступенем їх попереднього очищення в загальному вигляді можна описати такою формулою:

$$C_{ст} \times q + C_p \times a \times Q = (a \times Q + q) \times C_{n.д}, \quad (2.1)$$

де  $C_{ст}$  – концентрація забруднювача (шкідливої речовини) в стоках, при якій не будуть перевищені допустимі межі (вони відповідають санітарним вимогам), г/м<sup>3</sup>;  $C_p$  – концентрація цього ж виду забруднювача (шкідливої речовини) у водоймі вище місця скидання, г/м<sup>3</sup>;  $C_{n.д}$  – гранично допустимий вміст забруднювача (шкідливої речовини) у водоймі, г/м<sup>3</sup>;  $a$  – коефіцієнт перемішування, що показує, яка частина витрат води у водоймі змішується зі стічними водами в розрахунковому створі;  $Q$  – витрата води у водоймі, м<sup>3</sup>/год;  $q$  – витрата стоків, що надходять у водойму, м<sup>3</sup>/год.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.07- 05.02/2/103.00.1/Б/ВК- 5.1-2023
	Екземпляр № 1	Арк 50 / 43

Величину  $Q$  визначають за даними гідрометеорологічної служби, показник  $q$  – за результатами технологічних розрахунків, а параметр  $C_p$  – на основі лабораторних аналізів. Значення коефіцієнта змішування  $a$  залежить від багатьох факторів: конструкції випускного обладнання, відстані до розрахункового створу, а також гідравлічних і гідрологічних параметрів водойми. Коефіцієнт  $a$  розраховують методом Фролова–Родзіллера. Перетворюючи формулу (2.1), отримаємо значення  $C_{ст}$ , тобто величину концентрації забруднювача (шкідливої речовини) в стічних водах, якої потрібно досягти внаслідок їх очищення й знешкодження, а саме:

$$C_{ст} = \frac{a \times Q}{q} \times (C_{n.д} - C_p) + C_{n.д}. \quad (2.2)$$

Необхідний ступінь очищення стоків визначають також за кількістю завислих речовин. Їх допустимий вміст  $m$  у стічних водах відповідно до санітарних правил може бути визначений шляхом перетворення такого рівняння:

$$a \times Q \times b + q \times m = (a \times Q + q) \times (p + b), \quad (2.3)$$

тобто

$$m = p \times \left( \frac{a \times Q}{q} + 1 \right) + b, \quad (2.4)$$

де  $p$  – допустиме за санітарними правилами збільшення вмісту завислих частинок у водоймі після спуску стоків (залежно від виду водокористування),  $г/м^3$ ;  $b$  – вміст завислих речовин у водоймі до спуску стоків,  $г/м^3$ .

Необхідний ступінь очищення за показником завислих речовин, %:

$$D = \frac{C_{техн} - m}{C} \times 100, \quad (2.5)$$

де  $C_{техн}$  – вміст частинок завислих речовин у стічній воді до очищення,  $г/м^3$ .

*Визначення необхідного ступеня очищення за параметром БСКповн.*

В основу розрахунку покладено зміну ступеня забрудненості внаслідок розбавлення стоків вод річковою водою, а також унаслідок біохімічних процесів самоочищення стічних вод від органічних речовин. Баланс БСК в суміші річкової та стічної води в розрахунковому створі (без урахування реаерації) можна описати таким рівнянням:

$$q \cdot L_{cm} \cdot 10^{k_{cm} \cdot t} + a \cdot Q \cdot L_p \cdot 10^{k_p \cdot t} = (q + a \cdot Q) \cdot L_{n.д}, \quad (2.6)$$

де  $L_{ст}$  – БСКповн у стічній рідині, якого потрібно досягти після очищення;  $L_p$  – БСКповн у річковій воді вище місця випуску стоків;  $L_{п.д}$  – гранично допустима величина БСКповн суміші річкової та стічної води в розрахунковому створі;  $k_{ст}$  і  $k_p$  – коефіцієнти швидкості споживання кисню стічною та річковою водою відповідно;  $t$  – тривалість руху води від місця випуску стоку до розрахункового пункту (діб), дорівнює відношенню між відстанню по фарватеру від зазначеного місця до розрахункового пункту  $l_{сп}$  і середньою швидкістю течії води в річці на даній ділянці  $v_{сп}$ .

Таким чином,

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.07- 05.02/2/103.00.1/Б/ВК- 5.1-2023
	Екземпляр № 1	Арк 50 / 44

$$L_{cm} = \frac{a \cdot Q}{q \cdot 10^{cm}} \cdot (L_{n.d} \cdot L_p \cdot 10^{k_p \cdot t}) + \frac{L}{10^{cm}} \cdot \frac{n.d}{t}. \quad (2.7)$$

Якщо фактичне значення БСКповн показує скидання стоків, тобто  $L_a > L_{ст}$ , то вода підлягає очищенню. Необхідний ступінь очищення в %, визначають за такою формулою:

$$E = \frac{L_a - L_{cm}}{L} \times 100 \quad (2.8)$$

Для спрощення розрахунків можна скористатися числовими даними, табл. 2.

Таблиця 2 – Значення величин  $10^{-k \cdot t}$  та  $10^{-k \cdot p \cdot t}$  при змінних значеннях  $k_{ст}$ ,  $k_p$  і  $t$

$k_{ст}$ і $k_p$	$10^{-k \cdot t}$ та $10^{-k \cdot p \cdot t}$ при $t$ , діб									
	0,25	0,5	1	1,5	2	2,5	3	4	5	6
0,04	0,981	0,955	0,912	0,871	0,832	0,794	0,759	0,692	0,631	0,575
0,06	0,966	0,933	0,871	0,813	0,759	0,708	0,661	0,575	0,501	0,437
0,08	0,955	0,912	0,832	0,759	0,692	0,631	0,575	0,479	0,398	0,331
0,1	0,944	0,891	0,794	0,708	0,631	0,572	0,501	0,398	0,316	0,251
0,12	0,933	0,871	0,759	0,66	0,575	0,501	0,436	0,331	0,251	0,191
0,14	0,922	0,851	0,724	0,617	0,523	0,447	0,38	0,275	0,2	0,145
0,16	0,912	0,832	0,692	0,575	0,479	0,398	0,331	0,229	0,159	0,11
0,18	0,903	0,813	0,661	0,537	0,437	0,355	0,258	0,191	0,126	0,083
0,2	0,891	0,794	0,631	0,501	0,393	0,316	0,251	0,158	0,1	0,063
0,22	0,881	0,776	0,603	0,478	0,363	0,283	0,219	0,132	0,079	0,049
0,24	0,871	0,759	0,575	0,437	0,331	0,251	0,191	0,11	0,063	0,036
0,26	0,861	0,741	0,55	0,407	0,302	0,224	0,166	0,09	0,05	0,025
0,28	0,851	0,724	0,525	0,38	0,275	0,199	0,145	0,076	0,04	0,021
0,3	0,841	0,708	0,501	0,355	0,251	0,178	0,126	0,063	0,032	0,016
0,4	0,794	0,631	0,398	0,251	0,158	0,1	0,063	0,025	0,01	0,004
0,5	0,75	0,565	0,316	0,178	0,1	0,056	0,032	0,01	0,003	0,001

Значення параметра  $k_p$  залежить від температури води (див. табл. 3).

Таблиця 3 – Величина коефіцієнта  $k_p$

$T, ^\circ C$	0	5	10	15	20	25	30
$k_p$	0,04	0,05	0,063	0,08	0,1	0,126	0,158

Константу швидкості споживання кисню  $k_{ст}$  слід або визначати на основі даних у літературних джерелах, або проводити спеціальні дослідження [2].

### Приклад розв'язування типової задачі

**Задача.** Шахтні води вуглевидобувного підприємства надходять у басейн р. Самара. Визначити умови скидання забруднювачів за показниками вмісту нітратів, завислих речовин та за параметром БСК<sub>повн</sub>.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.07- 05.02/2/103.00.1/Б/ВК- 5.1-2023
	Екземпляр № 1	Арк 50 / 45

**Вихідні дані:**  $C_p = 3,2 \text{ г/м}^3$ ;  $C_{n.д} = 10 \text{ г/м}^3$ ;  $a = 0,1$ ;  $Q = 10500 \text{ м}^3/\text{год}$ ;  $q = 350 \text{ м}^3/\text{год}$ ;  $p = 0,25 \text{ г/м}^3$ ;  $b = 10 \text{ г/м}^3$ ;  $C_{техн} = 120 \text{ г/м}^3$ ;  $L_{n.д} = 3 \text{ г/м}^3$ ;  $L_p = 2,4 \text{ г/м}^3$ ;  $L_a = 180 \text{ г/м}^3$ ;  $k_{см} = 0,3$ ,  $k_p = 0,1$ ;  $t = 0,25$  доби.

**Розв'язування**

**1. Розраховуємо вміст нітратів у стічних водах таким чином:**

$$C_{см} \cdot q + C_p \cdot a \cdot Q \leq (a \cdot Q + q) \cdot C_{n.д};$$

$$C_{см} \leq \frac{(a \cdot Q + q) \cdot C_{n.д} - C_p \cdot a \cdot Q}{q};$$

$$C_{см} \leq \frac{(0,1 \cdot 10500 \text{ м}^3/\text{ГОД} + 350 \text{ м}^3/\text{ГОД}) \cdot 10 \text{ г/м}^3 - 3,2 \text{ г/м}^3 \cdot 0,1 \cdot 10500 \text{ м}^3/\text{ГОД}}{350 \text{ м}^3/\text{ГОД}};$$

$$C_{см} \leq 30,4 \text{ г/м}^3.$$

**2. Визначаємо допустимий вміст завислих речовин у стічних водах, а саме:**

$$m = p \cdot \left( \frac{a \cdot Q}{q} + 1 \right) + b = 0,25 \text{ г/м}^3 \left( \frac{0,1 \cdot 10500 \text{ м}^3/\text{ГОД}}{350 \text{ м}^3/\text{ГОД}} + 1 \right) + 10 \text{ г/м}^3 = 11 \text{ г/м}^3.$$

**3. Тепер необхідний ступінь очищення стоків**

$$D = \frac{C_{техн} - m}{C_{техн}} \cdot 100 = \frac{120 \text{ г/м}^3 - 11 \text{ г/м}^3}{120 \text{ г/м}^3} \cdot 100\% = 90,83 \%.$$

**4. Обчислюємо необхідний ступінь очищення за параметром БСК<sub>повн</sub>, тобто:**

$$L_{см} = \frac{a \cdot Q}{q \cdot 10^{-k_{см} \cdot t}} \cdot (L_{n.д} - L_p \cdot 10^{-k_p \cdot t}) + \frac{L_{n.д}}{10^{-k_{см} \cdot t}} =$$

$$= \frac{0,1 \cdot 10500 \text{ м}^3/\text{ГОД}}{350 \text{ м}^3/\text{ГОД} \cdot 0,841} \cdot (3 \text{ г/м}^3 - 2,4 \text{ г/м}^3 \cdot 0,944) + \frac{3 \text{ г/м}^3}{0,841} = 2,62 + 3,57 = 6,19 \text{ г/м}^3.$$

$$E = \frac{L_a - L_{см}}{L_a} \cdot 100 = \frac{180 \text{ г/м}^3 - 6,19 \text{ г/м}^3}{180 \text{ г/м}^3} \cdot 100\% = 96,56 \%.$$

### Контрольні завдання

1. Визначити величину концентрації забруднювача в стічних водах, якої необхідно досягти внаслідок очищення й знешкодження.
2. Визначити необхідний ступінь очищення стоків за кількістю завислих частинок речовин.
3. Визначити необхідний ступінь очищення стоків за показником БСК<sub>повн</sub>.

Вихідні дані для виконання завдань наведено в табл. 4.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.07- 05.02/2/103.00.1/Б/ВК- 5.1-2023
	Екземпляр № 1	Арк 50 / 46

Таблиця 4 – Вихідні дані для розрахунку необхідного ступеня очищення виробничих стічних вод

№ вар.	Витрата води у водоймі $Q$ , м <sup>3</sup> /год	Витрата стоків, що скидаються у водойму $q$ , м <sup>3</sup> /год	Коефіцієнт змішування води зі стоками $a$	№ вар.	Витрата води у водоймі $Q$ , м <sup>3</sup> /год	Витрата стічних вод, що надходять у водойму $q$ , м <sup>3</sup> /год	Коефіцієнт змішування води зі стоками $a$
1	1000	200	0,1	11	1500	300	0,19
2	1050	210	0,11	12	1550	310	0,18
3	1100	220	0,12	13	1600	320	0,17
4	1150	230	0,13	14	1650	330	0,16
5	1200	240	0,14	15	1700	340	0,15
6	1250	250	0,15	16	1750	350	0,14
7	1300	260	0,16	17	1800	360	0,13
8	1350	270	0,17	18	1850	370	0,12
9	1400	280	0,18	19	1900	380	0,11
10	1450	290	0,19	20	1950	390	0,1

*Примітка.* Номер варіанта кожен студент визначає за номером власногопрізвища в списку академічної групи.

Значення решти параметрів для розрахунку беремо з вихідних даних, щонаведені в умовах до розв'язування типової задачі.

#### ***Питання для самоконтролю***

1. За яким критерієм перевіряється відповідність вмісту завислих частинок речовин у стічних водах?
2. Яким чином визначають ефективність очищення стічних вод?
3. Що характеризує показник БСК?

### **ПРАКТИЧНА РОБОТА № 14 ВИЗНАЧЕННЯ УМОВ СКИДАННЯ СТІЧНИХ ВОДУ ПОВЕРХНЕВІ ВОДОЙМИ**

**Мета роботи:** Навчитись визначати ступінь розбавлення стічних вод перед відведенням їх у водний об'єкт та максимальну граничну концентрацію шкідливої речовини в стоках підприємства.

**Методика розрахунку.** Визначення умов скидання стоків у водні об'єкти та максимальної граничної концентрації шкідливої речовини  $C_{\text{макс}}$ , що допустима в них при надходженні в поверхневі водойми, відбувається за поданою нижче послідовністю.

**1.** Основне рівняння, що описує умови змішування стічних вод з природними має такий вигляд:

$$qC_{cm} + QC_p = (q + \gamma Q) \cdot C_{2,0}, \quad (3.1)$$

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.07- 05.02/2/103.00.1/Б/ВК- 5.1-2023
	Екземпляр № 1	Арк 50 / 47

звідси

$$C_{z.d} = \frac{qC_{ст} + \gamma QC_p}{q + Q}, \quad (3.2)$$

де  $q$  і  $Q$  – витрата води у водотоці й витрата стічних вод,  $m^3/c$ ;  $C_p$  і  $C_{ст}$  – концентрація даної шкідливої речовини у водотоці (фонова) і в стоках відповідно;  $\gamma$  – коефіцієнт змішування природної води зі стоками;  $C_{п.д}$  – концентрація даної шкідливої речовини у водоймі перед розрахунковим пунктом водокористування (у загальному випадку це на відстані 1 км нижче за течією).

2. Для того, щоб визначити ступінь очищення або розбавлення стічних вод перед їх відведенням у водний об'єкт, необхідно спочатку розрахувати параметр  $\gamma$  за допомогою рівняння Фролова – Родзіллера [3], тобто

$$\gamma = \frac{1 - \beta}{1 + \frac{Q}{q}\beta}, \quad (3.3)$$

інтегральний коефіцієнт:

$$\beta = e^{-\alpha \sqrt[3]{L}},$$

$L$  – відстань (м) по фарватеру від місця випуску стічних вод до найближчого створу водокористування,  $\alpha$  – коефіцієнт, що враховує гідравлічні умови змішування,

$$\alpha = \xi \cdot \varphi \sqrt[3]{\frac{E}{q}}, \quad (3.5)$$

його визначають таким чином:

де  $\varphi$  – відношення відстаней від між місцем скидання стоків і місцем водокористування по фарватеру і по прямій лінії, передбачають, що параметр  $\xi$  дорівнює 1 та 1,5 в умовах берегового та стриженого скидання стічних вод відповідно;  $E$  – коефіцієнт турбулентної дифузії, який для рівнинних річок визначається за такою формулою:

$$E = \frac{V_{сер} \cdot H_{сер}}{200},$$

де  $V_{сер}$  – середня швидкість течії річки, м/год;  $H_{сер}$  – середня глибина русла, м. Остаточна кратність необхідного розбавлення стоків природною водою:

$$n = \frac{\gamma + Q + q}{q}. \quad (3.7)$$

Для визначення максимальної граничної концентрації шкідливої речовини  $C_{макс}$ , використовується таке рівняння:

$$C_{макс} = \frac{\gamma Q}{q} (C_{зdk} - C_p) + C_{зdk}. \quad (3.8)$$

### Приклад розв'язування типової задачі

**Задача.** Визначити умови скидання промислових стоків у водні об'єкти та максимальну граничну концентрацію забруднювачів речовин  $C_{макс}$ , що допустима при надходженні в поверхневі водойми.

Таблиця 5 – Вихідні величини для розрахунку параметрів скидання стоків



Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.07- 05.02/2/103.00.1/Б/ВК- 5.1-2023
	Екземпляр № 1	Арк 50 / 48

Концентрація шкідливої речовини $C_{ст}$ , мг/л					Фонова концентрація $C_p$ , мг/л	$q$ , м <sup>3</sup> /с	$Q$ , м <sup>3</sup> /с	$L$ , м	$\xi$	$V_{сер}$ , м/год	$H_{сер}$ , м
феноли	$Cr^{6+}$	$Zn^{2+}$	нафта	$Ni^{+}$							
0,8	0,06	10	0,5	80,0	0,01 ( $Cr^{6+}$ )	0,8	0,1	6000	1	1,3	3,0

### Розв'язування

1. Визначаємо параметр  $\gamma$  за допомогою рівняння Фролова-Родзіллера в такій послідовності:

$$E = \frac{V_{сер} \cdot H_{сер}}{200} = 0,0195; \quad \alpha = \xi \cdot \varphi^3 \sqrt{\frac{E}{q}} = 0,435; \quad \beta = e^{-\alpha} \sqrt[3]{L} = 11,76;$$

$$\gamma = \frac{1 - \beta}{1 + \frac{Q}{q} \beta} = -4,356.$$

2. Концентрація кожної із шкідливих речовин  $C_{г.д}$  в розрахунковому пункті водокористування має такі значення:

$$\text{для фенолу } C_{г.д} = \frac{qC_{ст} + \gamma QC_p}{q + Q} = \frac{0,8 \cdot 0,8 - 4,356 \cdot 0,1 \cdot 0}{0,8 + 0,1} = 0,711 \text{ мг/л};$$

$$\text{для } Cr^{6+} \quad C_{г.д} = \frac{qC_{ст} + \gamma QC_p}{q + Q} = \frac{0,8 \cdot 0,06 - 4,356 \cdot 0,1 \cdot 0,01}{0,8 + 0,1} = 0,049 \text{ мг/л};$$

$$\text{для } Zn^{2+} \quad C_{г.д} = \frac{qC_{ст} + \gamma QC_p}{q + Q} = \frac{0,8 \cdot 10 - 4,356 \cdot 0,1 \cdot 0}{0,8 + 0,1} = 8,89 \text{ мг/л};$$

$$\text{для нафти } C_{г.д} = \frac{qC_{ст} + \gamma QC_p}{q + Q} = \frac{0,8 \cdot 0,5 - 4,356 \cdot 0,1 \cdot 0}{0,8 + 0,1} = 0,444 \text{ мг/л};$$

$$\text{для } Ni^{+} \quad C_{г.д} = \frac{qC_{ст} + \gamma QC_p}{q + Q} = \frac{0,8 \cdot 80,0 - 4,356 \cdot 0,1 \cdot 0}{0,8 + 0,1} = 71,11 \text{ мг/л}.$$

3. Визначаємо максимальну граничну концентрацію кожної із перелічених вище шкідливих речовин, а саме:

$$\text{для фенолу } C_{ст.гр} = \frac{\gamma Q}{q} (C_{здек} - C_p) + C_{здек} = \frac{-4,356 \cdot 0,1}{0,8} (0,001 - 0) + 0,001 = 0,45 \text{ мкг/л};$$

$$\text{для } Cr^{6+} \quad C_{ст.гр} = \frac{\gamma Q}{q} (C_{здек} - C_p) + C_{здек} = \frac{-4,356 \cdot 0,1}{0,8} (0,05 - 0,01) + 0,05 = 0,028 \text{ мг/л};$$

$$\text{для } Zn^{2+} \quad C_{ст.гр} = \frac{\gamma Q}{q} (C_{здек} - C_p) + C_{здек} = \frac{-4,356 \cdot 0,1}{0,8} (1,0 - 0) + 1,0 = 0,4555 \text{ мг/л};$$

$$\text{для нафти } C_{ст.гр} = \frac{\gamma Q}{q} (C_{здек} - C_p) + C_{здек} = \frac{-4,356 \cdot 0,1}{0,8} (0,1 - 0) + 0,1 = 0,046 \text{ мг/л};$$

$$\text{для } Ni^{+} \quad C_{ст.гр} = \frac{\gamma Q}{q} (C_{здек} - C_p) + C_{здек} = \frac{-4,356 \cdot 0,1}{0,8} (0,1 - 0) + 0,1 = 0,046 \text{ мг/л}.$$



Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.07- 05.02/2/103.00.1/Б/ВК- 5.1-2023
	Екземпляр № 1	Арк 50 / 49

### **Контрольні завдання**

1. Визначити кратність необхідного розбавлення стічних вод природною водою.
2. Обчислити концентрацію забруднювачів у водоймі перед розрахунковим пунктом водокористування.
3. Розрахувати максимальну граничну концентрацію забруднювачів у стоках підприємства.

Варіанти для виконання завдання наведено в табл. 6.

Таблиця 6 – Вихідні дані для визначення умов спуску стічних вод

Показник	Позначення	Значення для розрахунку	Одиниця виміру
Концентрація фенолу в стоках підприємства	$C(\text{фен})$	$0,1 \cdot N_{\text{вар}}$	мг/л
Концентрація хрому в стоках підприємства	$C(\text{Cr}^{+6})$	$0,01 \cdot N_{\text{вар}}$	мг/л
Концентрація цинку в стоках підприємства	$C(\text{Zn}^{2+})$	$N_{\text{вар}}$	мг/л
Концентрація нафти в стоках підприємства	$C(\text{наф})$	$0,5 \cdot N_{\text{вар}}$	мг/л
Концентрація нікелю в стоках підприємства	$C(\text{Ni}^+)$	$10 \cdot N_{\text{вар}}$	мг/л
Значення коефіцієнта для різних видів скидання стічних вод (берегове – 1, стрижневе – 1,5)	$\zeta$	Для парних номерів варіанта – берегове, для непарних – стрижневе	–

*Примітка.* Значення змінної  $N_{\text{вар}}$  відповідає порядковому номеру студента в списку академічної групи.

Решту параметрів для розрахунку обираємо з вихідних даних в умовах до розв'язування типової задачі.

### **Питання для самоконтролю**

1. Яке явище характеризує коефіцієнт турбулентної дифузії забруднювачів у водоймах?
2. Яким чином визначають ступінь розбавлення стоків природною водою перед їх відведенням у водний об'єкт?
3. Які дані використовують для визначення максимальної граничної концентрації шкідливої речовини в стічних водах?

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.07- 05.02/2/103.00.1/Б/ВК- 5.1-2023
	Екземпляр № 1	Арк 50 / 50

## Використана література

### Основна

1. Алпатова О.М., Пацева І.Г. Біоіндикаційна оцінка стану забруднення екосистем ґрунту вздовж автомобільних доріг. Екологічні науки: науково-практичний журнал. 2022. Вип.1(40).С. 62–66.
2. Василенко І.А., Півоваров О.А., Трус І.М., Іванченко А.В. Урбоекологія. Дніпро: Акцент ПП, 2017. 309 с.
3. Войтків П. С. Конструктивно-географічні дослідження урбосистем: навчальний посібник. Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2019. 118 с.
4. Горшкальова В.П., Циганенко-Дзюбенко І.Ю., Алпатова О.М., Луньова О.В. Ресурси водних екосистем Житомирського Полісся в умовах інтенсифікації антропогенного впливу. Тези Всеукраїнської науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти і молодих учених “Сталий розвиток країни в рамках Європейської інтеграції”, 30 листопада 2022 року. Житомир: «Житомирська політехніка», 2022. С. 98-99.
5. Дичко А.О., Білявський Г.О., Мінаєва Ю.Ю. Технологічні аспекти екологічної безпеки водойм. Підручник. Видавництво: Гельветика, 2021. 216с.
6. Дорощенко В. В., Коцюба І.Г., Єльнікова Т. О. Водні ресурси та їх охорона. Навчальний посібник. Житомир: Вид. О. О. Євенок, 2017. 264 с.
7. Єльнікова Т.О., Коцюба І.Г. Дослідження сучасного стану екологічної безпеки річки Уж у межах Житомирської області. Вісник Кам'янець-Подільського національного університету ім. Івана Огієнка. 2017, № 2. С. 71-79.
8. Охорона ґрунтів і відтворення їх родючості. Навчальний посібник / [Забалуєв В. О., Балаєв А. Д., Тараріко О. Г., Тихоненко Д. Г., Дегтярьов В. В. та ін]. Вид. 2-ге (змін. і доповн.) / за ред. д-рів с.-г. н., проф. В. О. Забалуєва та В. В. Дегтярьова. Харків: Стиль-издат, 2017. 348 с.
9. Томільцева А.І. Екологічні основи управління водними ресурсами : навч. посіб. / Томільцева А.І., А.В. Яцик, В.Б. Мокін та ін. Київ: Інститут екологічного управління та збалансованого природокористування, 2017. 200 с.
10. Урбоекологія / І.А. Василенко, О.А. Півоваров, І.М. Трус, А.В. Іванченко. Дніпро: Акцент ПП, 2017. 309 с.
11. Alpatova, O., Maksymenko, I., Patseva, I., Khomiak, I., Gandziura, V. (2022, November). Hydrochemical state of the post-military operations water ecosystems of the Moschun, Kyiv region. In 16th International Conference Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment (Vol. 2022, No. 1, pp. 1-5).

### Допоміжна

1. Очистка й знезараження стічних вод. Методичні рекомендації до виконання практичних робіт студентами напряму підготовки 6.040106 Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування / О.С. Ковров, Ю.В. Бучавий. Д.: Національний гірничий університет, 2013. 51 с.
2. Положення Про Державне агентство земельних ресурсів України: Указ Президент України від 08.04.2011р. № 445/2011 // Уряд. кур'єр. 2011. № 80.
3. Про Генеральну схему планування території України: Закон України від 7 лютого 2002 року № 3059-III // Відомості Верховної Ради. 2002. № 30. С. 204.
4. Про державний контроль за використанням та охороною земель: Закон України. Урядовий кур'єр. №134 від 23 липня 2003 р.
5. Про Загальнодержавну програму формування національної екологічної мережі України на 2000-2015 р.р.: Закон України Законодавчі акти і нормативні документи. „Юрист-Плюс”. 2013.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.07- 05.02/2/103.00.1/Б/ВК- 5.1-2023
	Екземпляр № 1	Арк 50 / 51

6. Рибалова О.В., Бригада О.В., Ільїнський О.В., Бондаренко О.О., Золотарьова С.О. Методи фітореMediaції для очищення стічних вод. Danish Scientific Journal. №41, 2020. С. 10-12.

7. Снежкін Ю.Ф., Петрова Ж. А., Пазюк В. М., Новікова Ю.П. Стан технологій очищення стічних вод в Україні та світі. Теплофізика та теплоенергетика. 2021. 43 (1). С. 5-12.

8. Сташук В. А., Мокін В. Б., Гребінь В. В. та ін. Наукові засади раціонального використання водних ресурсів України за басейновим принципом: монографія. Херсон, 2014. 320 с.

## 12. Інформаційні ресурси в Інтернеті

1. Регіональні доповіді про стан навколишнього природного середовища. Режим доступу: <https://mepr.gov.ua/timeline/Regionalni-dopovidi-pro-stan-navkolishnogo-prirodnogo-seredovishcha.html>

2. Національні доповіді про стан навколишнього природного середовища в Україні. Режим доступу: <https://mepr.gov.ua/timeline/Nacionalni-dopovidi-pro-stan-navkolishnogo-prirodnogo-seredovishcha-v-Ukraini.html>

3. Дністровське басейнове управління водних ресурсів. Режим доступу: <https://vodaif.gov.ua/>

4. Басейнове управління водних ресурсів річки Прип'ять. Режим доступу: [https://buvrzt.gov.ua/vodni\\_resyrsy.html/](https://buvrzt.gov.ua/vodni_resyrsy.html/)

5. Державний водний кадастр. Облік поверхневих водних об'єктів. Режим доступу: <http://geoportal.davr.gov.ua:81/#>

6. Законодавство України. Режим доступу: <http://www.rada.kiev.ua/>

7. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України /

8. Євроінтеграція. Режим доступу: <https://mepr.gov.ua/timeline/evrointegraciya.html>.

9. Національна бібліотека ім. В.І. Вернадського. Режим доступу: <http://www.nbu.gov.ua/>