

**Міністерство освіти і науки України  
Запорізький національний університет**

**К.О. Домбровський, О.Ф. Рильський**

## **УРБОЕКОЛОГІЯ**

Навчально-методичний посібник  
для здобувачів ступеня вищої освіти бакалавра  
спеціальності «Екологія», освітньо-професійної програми «Екологія, охорона  
навколишнього середовища та збалансоване природокористування»

Затверджено  
вченою радою ЗНУ  
Протокол № 7 від 28.02.2023

**Запоріжжя  
2023**

УДК 504.75  
ББК: 28.081я7  
Д 81

Домбровський К.О., Рильський О.Ф. Урбоекологія : навчально-методичний посібник для здобувачів ступеня вищої освіти бакалавра спеціальності «Екологія», освітньо-професійної програми «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування». Запоріжжя : ЗНУ, 2023. 124 с.

У навчально-методичному посібнику подано в систематизованому вигляді програмний матеріал дисципліни «Урбоекологія». Викладено найважливіші теоретичні питання урбанізації та її екологічні аспекти, основ геологічного, повітряного та водного середовищ міських екосистем, впливу головних техногенних чинників урбоекосистем на біосферу та здоров'я людини. Навчально-методичний посібник містить теоретичні відомості до кожного лабораторного заняття, тематику та зміст лабораторних занять (завдання і порядок виконання робіт, необхідні інструкції, контрольні питання та питання до самопідготовки), вказівки щодо організації самостійної роботи, список рекомендованої літератури. Для діагностики рівня засвоєння програмного матеріалу запропоновано тестові запитання. Тлумачення базових термінів і понять дисципліни наведено у глосарії.

Навчально-методичний посібник розроблено для здобувачів ступеня вищої освіти бакалавра спеціальності «Екологія» освітньо-професійної програми «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування».

Рецензент

*Н. В. Воронова*, кандидат біологічних наук, доцент кафедри загальної та прикладної екології і зоології.

Відповідальний за випуск

*О. Ф. Рильський*, доктор біологічних наук, професор, завідувач кафедри загальної та прикладної екології і зоології.

## ЗМІСТ

Вступ.....	4
Розділ 1. Місто як екосистема, геологічне і повітряне середовище міських екосистем.....	6
Зміст лабораторних занять.....	6
Лабораторна робота № 1. Місто і міське середовище .....	6
Лабораторна робота № 2. Міське господарство .....	13
Лабораторна робота № 3. Особливості формування повітряного середовища міських систем.....	19
Лабораторна робота № 4. Контроль стану атмосферного повітря у містах.....	28
Розділ 2. Водне середовище міських екосистем.....	38
Лабораторна робота № 5. Водне середовище міста .....	38
Лабораторна робота № 6. Зони санітарної охорони джерел водопостачання.....	43
Лабораторна робота № 7. Очищення стічних вод.....	49
Розділ 3. Особливості впливу енергетичних об'єктів на довкілля. Біогеоценоз міських екосистем.....	57
Лабораторна робота № 8. Ресурсоспоживання міст.....	57
Лабораторна робота № 9. Енергетика і довкілля.....	62
Лабораторна робота № 10. Функції рослинного покриву в містах.....	68
Лабораторна робота № 11. Санітарно-гігієнічне оцінювання зелених рослин у населених пунктах.....	73
Розділ 4. Вплив головних техногенних чинників урбоекосистем на біосферу та здоров'я людини .....	82
Лабораторна робота № 12. Тверді побутові відходи та їх загальна характеристика.....	82
Лабораторна робота № 13. Визначення класу небезпеки промислових відходів.....	88
Лабораторна робота № 14. Негативний вплив міського середовища на населення.....	98
Зміст самостійної роботи.....	104
Індивідуальні завдання.....	104
Питання до актуалізації знань з курсу.....	105
Тестові завдання.....	107
Глосарій.....	112
Використана література.....	122
Рекомендована література.....	123

## ВСТУП

Курс «Урбоекологія» належить до нормативних дисциплін циклу професійної підготовки студентів. Він спрямований на формування чіткого і цілісного уявлення про специфіку організації міських екосистем, в яких тісно взаємопов'язані компоненти природних з інженерними системами міста.

*Метою вивчення курсу є засвоєння студентами основних понять урбоекології, екологічних проблем міст та оптимальних шляхів їх вирішення, а також окремих біотичних і абіотичних компонентів міського середовища.*

*Основними завданнями вивчення дисципліни є ознайомлення бакалаврів-екологів з вивчення масштабів і інтенсивності антропогенної та технічної дії на урбосоціоекосистему, визначення допустимого рівня такої дії, розробки заходів, що забезпечують стабільність підтримання допустимого рівня дії, прогнозування можливих віддалених наслідків цієї дії і відповідне коригування системи природозахисних заходів.*

Основна увага при вивченні дисципліни приділяється формуванню уявлень про урбанізацію; урбанізоване довкілля; урбогеосоціоекосистему; функції міст; урбанізовані ландшафти; компоненти і фактори урбанізованого довкілля; адаптації організмів та популяцій; урбанізовані біогеоценози; міське господарство; вплив урбоекосистем на довкілля; екологічні технології оптимізації урбанізованого довкілля; фітотехнології (фітомеліорацію); ландшафтне планування; комплексні зелені зони міст; природоохоронні території в містах; екологічне врядування.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студенти повинні:

**знати:** основну мету, завдання, об'єкти дослідження урбоекології; методологічні основи всіх наукових підходів до вивчення екосистеми міста; історію урбоприродокористування; темпи, масштаби та рівень урбанізації в різних країнах світу; основні особливості та характер трансформації біотичних та абіотичних компонентів урбоекосистеми; види геоекологічних небезпек та геоситуації на території міста; основні уявлення про стійкість урбоекосистеми і способи її оптимізації.

**вміти:** визначити зумовленість демографічних показників міста природними фізичними та соціально-економічними умовами проживання населення; дослідити та зробити картування структури урбоекосистеми міста з детальною характеристикою в текстовій легенді; Охарактеризувати та проаналізувати основні властивості антропогенних компонентів та структури урбоекосистеми; визначати масштаби поширення усіх видів техногенної геоекологічної небезпеки на території міста і провести урбоекологічне зонування міста за станом геоекологічної ситуації; розраховувати урбоекологічні показники для досліджуваної території; визначити напрямки та етапність оптимізаційних заходів для досліджуваної урбоекосистеми.

Згідно з вимогами (освітньо-професійної) програми студенти повинні досягти таких *результатів навчання (компетентностей)*:

- здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та вирішувати практичні проблеми у сфері екології, охорони довкілля і

- збалансованого природокористування, або в процесі навчання, що передбачає застосування основних теорій та методів наук про довкілля, та характеризуються комплексністю і невизначеністю умов;
- володіти знаннями та розумінням предметної області та професійної діяльності;
  - здатність до адаптації та дії в новій ситуації;
  - здатність проведення досліджень на відповідному рівні;
  - володіти знаннями та розумінням теоретичних основ екології, охорони довкілля та збалансованого природокористування;
  - здатність до оцінки впливу процесів техногенезу на стан навколишнього середовища та виявлення екологічних ризиків, пов'язаних з виробничою діяльністю;
  - здатність до участі в розробці системи управління та поводження з відходами виробництва та споживання;
  - здатність до використання сучасних інформаційних ресурсів для екологічних досліджень:
  - здатність оцінити наслідки і перспективи урбанізації та принципи роботи міських систем;
  - здатність оцінювати стійкість міських геосистем до антропогенного навантаження в умовах промислового регіону;
  - здатність, використовуючи лабораторне обладнання, оцінювати санітарно-екологічний стан і якість атмосферного повітря, ґрунту, природних вод.

Знання, отримані студентами з дисциплін: «Загальна екологія та неоекологія», «Гідрологія», «Геологія з основами геоморфології», «Ґрунтознавство», «Біологія» тощо забезпечують засвоєння курсу «Урбоекологія».

Вивчення курсу «Урбоекологія» формує комплекс загальнокультурних та професійних компетентностей для успішного засвоєння матеріалу з таких дисциплін: «Техноекологія», «Організація та управління в природоохоронній діяльності», «Екологічна експертиза», «Нормування антропогенного навантаження на природне середовище», «Екологічна безпека».

## Розділ 1

# ЗАГАЛЬНІ ПРИНЦИПИ РАЙОНУВАННЯ. МІСТО ЯК ЕКОСИСТЕМА, ГЕОЛОГІЧНЕ І ПОВІТРЯНЕ СЕРЕДОВИЩЕ МІСЬКИХ ЕКОСИСТЕМ

## ЗМІСТ ЛАБОРАТОРНИХ ЗАНЯТЬ ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1

**Тема:** Місто і міське середовище.

**Мета:** закріпити та поглибити знання щодо урбанізації міських екосистем. Навчитися визначати точність прогнозу щодо чисельності мешканців міста.

**Обладнання та матеріали:** підручники, посібники, конспекти лекцій, калькулятор, статистичні дані, інформаційні ресурси мережі Інтернет.

### План вивчення теми

- 1) Сутність та сучасні проблеми урбанізації.
- 2) Основні властивості і особливості міста, як урбоекосистеми.
- 3) Визначення поняття «місто», його істотні ознаки.
- 4) Визначення міського середовища.
- 5) Складові міського середовища.
- 6) Визначення урбогеосоціосистеми.

### Питання до самопідготовки:

1. Зміни рельєфу та небезпечні геологічні процеси міської території.
2. Вплив міста на літогенну основу та ґрунтовий покрив.
3. Вимоги до якості міського середовища.
4. Організація екологічного моніторингу на міських територіях.
5. Компонентна декомпозиція міської системи.
6. Незбалансованість матеріальних та енергетичних потоків у межах міста.

### Теоретичні відомості

Бурхливий розвиток науково-технічної революції, що став причиною концентрації промисловості у великих населених пунктах, інтенсивного притоку населення у міста викликав неймовірно високі темпи їх будівництва. З'явилися не лише великі міста, але і їх агломерації, мегаполіси. Характерним явищем стала урбанізація, тобто процес підвищення ролі міст у розвитку суспільства. Урбанізація увібрала у себе соціально-економічну і демографічну структуру населення, його спосіб життя, культуру, розміщення виробничих сил, розселення. І все це спричинене припливом у великі міста сільського населення і населення малих міст.

Урбанізація є історичним процесом, і характерна для більшості країн світу. Вона має різні форми і темпи, характер і наслідки прояву, що залежать від суспільного ладу, політичних і соціальних відносин, а також від природно-географічних, екологічних та інших чинників. Процес урбанізації знаходиться у тісному зв'язку і зумовлений у першу чергу економічними чинниками, рівнем

науково-технічного прогресу, а також концентрацією промислового виробництва, осередків науки і культури у великих містах.

**Урбоекологія** (від латинського *urbis* – місто) – наука, що вивчає взаємозв'язки та взаємодію у часі і просторі двох систем – міської (її соціальної, технічної, енергетичної, інформаційної, адміністративної підсистем) і природної, а також ноосферне управління екосистемою. Урбоекологія є розділом екології.

*Метою урбоекології* є пошук шляхів і розроблення рішень у рамках містобудування і організації території. Ці заходи спрямовані не лише на забезпечення прийнятих гігієнічних умов життя, але і на раціоналізацію природокористування, охорону навколишнього природного середовища і впровадження найважливіших соціально-економічних процесів у межах регіонів, міських агломератів, міст та окремих їх частин.

*Об'єктом вивчення урбоекології* є міські біогеоценози. Урбоекологія розглядає урбанізацію не лише як об'єктивний історичний процес зростання ролі міст у розвитку цивілізації, але і як процес перебудови всього середовища проживання людини, тобто спираючись на екологічний підхід, згідно з яким місто є складним організмом у системі зв'язків між елементами, які його утворюють, та «зовнішнім» соціальним і природним середовищем.

*Предметом урбоекології* є дослідження процесів взаємодії урбанізованого і природного середовища, а також розроблення пропозицій, що спрямовані на охорону здоров'я населення міст та інших населених пунктів, охорону атмосфери, гідросфери, літосфери і біоти від негативного впливу урбанізації та міської забудови. Урбоекологія досліджує урболандшафти, зміну природно-просторових ресурсів міста, його ґрунтових покривів, повітряного басейну, поверхневих і підземних вод, рослинного і тваринного світу.

**Урбоекосистема** – це природно-територіальний комплекс (геокомплекс) з певною ієрархічною структурою, який знаходиться під безпосереднім впливом міста.

*Місто* – складна динамічна система, що характеризується різноманітними внутрішніми і зовнішніми зв'язками природного, технічного, соціального походження. Як складну систему місто можна представити у вигляді динамічного взаємодіючого поєднання двох субсистем – природної і антропогенної, які в свою чергу, підрозділяються на ряд взаємодіючих підсистем: природна – на геосистему, гідросистему, аеросистему і біосистему; антропогенна – на підсистеми виробничу, містобудівельну, інфраструктурну.

Основними ознаками сучасного міста є:

- забудована частина території переважає над незабудованою – вся територія міста розпланована для будування житлових будівель, торгово-розважальних центрів, доріг тощо. Форма плану міських територій залежить від природних умов, особливостей залягання природних копалин, транспортних умов, особливостей історичного розвитку міста;
- видозмінене природне покриття переважає над незмінним – асфальт, плитка, штучні газони тощо;

- наявність або переважання багатоповерхової забудови, що обумовлене збільшенням кількості міського населення у містах та прагненням до більш раціонального і економічного використання земельних ресурсів;

- наявність промислових підприємств та сфери послуг для виробництва і реалізації матеріальних і нематеріальних (духовних) потреб населення. Це сектор соціально-культурних послуг (освіта, культура, охорона здоров'я), комплекс матеріально-побутових послуг (житлово-комунальне господарство, побутове обслуговування, система рекреаційних послуг), сектор ділових, інформаційних та інженерно-технологічних послуг);

- розвинена система громадського транспорту, наземних і підземних комунікацій (трубопроводи, кабельна мережа, колектори). У великих містах протяжність інженерної мережі у декілька разів перевищує сумарну протяжність вулиць і складає десятки тисяч кілометрів;

- розвинена торговельна мережа, у середньому продуктові мережі складають 47% від усіх торговельних мереж, мережа побутової техніки – 32%, меблеві магазини – 15%, мережа змішаного типу і будівельних матеріалів – по 3%;

- високий рівень забрудненості навколишнього середовища, приблизно на 1–2 порядки вище, ніж на прилеглий до міста території, ця особливість розвиненого міста відноситься до негативної сторони урбанізації;

- швидке поширення інфекції при високій густоті населення, наприклад, щорічні епідемії грипу;

- наявність рекреаційних територій загального користування, що призначені для задоволення потреб населення у відпочинку і туризмі, до них відносять: природні комплекси та їх компоненти (рельєф, клімат, водойми, рослинність, тваринний світ), культурно-історичні пам'ятки, економічний потенціал території, що включає інфраструктуру і трудові ресурси;

- висока густина установ освіти (школи, технікуми, інститути, університети тощо), охорони здоров'я (лікарні, клініки) та культури (театри, кінотеатри тощо);

- наявність культових споруд однієї або кількох конфесій (храми, собори, синагоги тощо);

- наявність однієї чи декількох місцевих газет;

- наявність приміської зони, тобто перехідної зони між містом і сільськогосподарським виробництвом. У цю зону поступово з міста переносяться найбільш шкідливі виробництва.

В Україні прийняті наступні категорії міст згідно чисельності населення:

- 1) малі – до 50000 чол.;
- 2) середні, від 50000 до 100000 чол.;
- 3) великі, від 100000 до 250000 чол.;
- 4) крупні, від 250000 до 500000 чол. і від 500000 до 1000000 чол.;
- 5) найбільші, понад 1000000 чол.

У 1949 році Європейська конференція зі статистики, що відбулася під егідою ООН у Празі, рекомендувала вважати містом компактне поселення з



мінімальною чисельністю 2000 чоловік, причому при кількості жителів менше 10000 доля зайнятого у сільському господарстві населення не перевищує 25% від загальної кількості. Проте категорію міста присвоюють населеному пункту згідно з національним законодавством (табл. 1).

Таблиця 1 – Критерії чисельності населення для виділення міст у різних країнах

Країни	N*, чол.	Додаткові критерії
1	2	3
Данія	250	
Ісландія	300	
Канада, Малайзія, Шотландія	1000	
Йорданія	1500	
Аргентина, Португалія, Франція, Німеччина, Чехія, Словаччина	2000	
США, Таїланд	2500	
Південна Корея	4000	
Індія, Туреччина, Грузія, Туркменістан	5000	Менше 25% населення міста у Грузії і 33% в Туркменістані зайняті у сільському господарстві
Україна, Молдова, Греція, Іспанія	10000	Менше 50% населення міста в Україні і Молдові зайняті в сільському господарстві
Ізраїль, Болівія, Бразилія, Коста-Ріка, Еквадор, Сальвадор, Гаїті, Гондурас, Нікарагуа	Кількісний критерій не застосовується	Містом вважається центр не сільськогосподарського виробництва і послуг
Англія і Уельс, Болгарія, Угорщина, Нова Зеландія, Норвегія, Парагвай, Польща, Румунія, Фінляндія, Швеція, ЮАР, Японія	Статус міста приймається законодавчо	У Фінляндії менше 50% населення міста зайнято у сільському господарстві

Примітка. N\* – Мінімальна чисельність населення, прийнята для визначення статусу міста, чол.

Сутність урбанізації полягає у наступному:

- виникнення і постійне збільшення площі та чисельності населення міст;
- надбання сільським населенням міських ознак;
- підвищення ролі міст у соціально-економічному розвитку суспільства;
- формування міського населення, що має специфічний спосіб життя;

– формування міських популяцій рослин і тварин.

*Урбанізація природи* (І. І. Дедю) – перетворення природних ландшафтів в штучні під впливом міської забудови. Процес урбанізації неминуче супроводжується майже повним вилученням даної території з тієї, що раніше була зайнята природними екосистемами.

В поняття урбанізації входить і процес формування міських ландшафтів як особливої сфери організації поверхні Землі в межах міст і міських агломерацій. Процес урбанізації носить глобальний характер і є істотним чинником перетворення географічної оболонки Землі.

В процесі урбанізації відбуваються істотні зміни як біологічних і соціальних характеристик людини, так і середовища її існування. Проте, незважаючи на складні екологічні умови, в яких перебуває сучасне місто, його привабливість не зменшується. Кількість міського населення на планеті з кожним роком зростає. Сучасні великі міста – одна з характерних особливостей прогресу людства.

*Показник урбанізації країни або регіону* – це частка населення, що проживає у містах. Порівняння рівнів урбанізації різних країн здійснюється з використанням даних національних переписів населення. Першими найбільш урбанізованими державами стали: Великобританія, Кувейт, Ізраїль, Австралія, Швеція.

Розрізняють такі умовні рівні урбанізації:

- низький рівень – менше 20%;
- середній рівень – від 20% до 50%;
- високий рівень – від 50% до 72%;
- дуже високий рівень – понад 72%.

Нині найбільш урбанізованими (не враховуючи такі міста-держави, як Сінгапур і Гонконг) є Велика Британія (92% населення проживає в містах), Кувейт (91%), Ізраїль (90%), Австралія (85%), Швеція (83%). Найменш урбанізованими є країни Африки і Південної Азії (7–10%). Україна має ступінь урбанізації 69,3% (станом на 2015 рік). Розходження рівнів урбанізації простежуються й по континентах у цілому (табл. 2).

Таблиця 2 – Відсоток міського населення в регіонах світу

Регіон	Міське населення	
	млн. чол.	%
Африка	295	37,2
Азія	1376	37,5
Європа	534	73,4
Океанія	23	74,1
Латинська Америка	391	75,4
Північна Америка	243	77,4
Всього у світі	2862	47,2

У ряді розвинених країн, де частка міського населення досягає 80–90%, екстенсивне зростання міст практично припинилося, а список найбільших міських агломерацій сьогодні складається на дві третини з міст Азії, Африки і Латинської Америки, що бурхливо ростуть.

Урбанізація – об’єктивний процес, обумовлений потребами суспільства, виробництва, характером суспільного устрою. Проте зростання міського населення, особливо в останні десятиріччя, виявилось настільки стрімким, що навколишнє середовище багатьох міст світу вже не в змозі задовольнити численні біологічні і соціальні потреби сучасної людини. Крупне місто змінює майже всі компоненти природного середовища – атмосферу, рослинність, ґрунти, рельєф, мережу гідрографії, підземні води і навіть клімат.

Урбанізація є могутнім екологічним чинником, перетворення ландшафту, земельних і водних ресурсів, що супроводжується, масовим виробництвом відходів, які надходять в атмосферу, водні і наземні екосистеми. Вона поставила перед людством ряд екологічних проблем, серед яких найгострішими є зростаюча уразливість міських систем, низька якість середовища існування, накопичення та видалення відходів і, як наслідок – міграція, концентрація і диференціація населення.

### Завдання до виконання лабораторної роботи

**Завдання 1.** Провести аналіз показників чисельності населення деяких міст України – Івано-Франківськ (1), Вінниця (2), Житомир (3) на 2035 рік, виходячи з даних про середню чисельність населення (тис. чол.) з 1970 р. по 2022 р., таблиця 3. Зробити висновки.

Таблиця 3 – Середня чисельність населення (тис. чол.) деяких міст України

Місто	Рік								
	1970	1979	1989	2001	2008	2013	2018	2020	2022
1	104,97	149,74	214,02	218,35	222,54	226,02	235,36	237,69	238,20
2	211,57	314,45	374,30	356,67	366,77	371,70	371,86	370,03	369,74
3	160,90	243,80	297,50	284,20	272,50	271,30	266,94	264,32	261,62

### Схема виконання:

Необхідно оцінити число мешканців міста Мелітополь у 2035 р., виходячи з даних про середню чисельність населення, див. таблицю 4.

Таблиця 4 – Середня чисельність населення міста Мелітополь з 1940 по 2020 роки

Рік	1940	1950	1960	1970	1980	1990	2000	2010	2020
Населення (тис. чол.)	18,50	18,00	40,00	45,83	46,41	47,05	80,23	107,27	131,41

Приклад розрахунку зростання, зниження чисельності населення міста та збереження тенденції росту чисельності населення міста.

1. *Прогноз зростання чисельності населення.* Припустимо, що поточні швидкості зростання населення залишаться незмінними протягом 5-х років, але потім темпи зростуть, досягнувши 2/3 від максимальних темпів, досягнутих в 2000-му році, і це триватиме до 2035-го року.

$$(2020 - 2010) = (131410 - 107270) / 10 = 2414/\text{рік.}$$

$$(2000 - 1990) = (80230 - 47050) / 10 = 3318/\text{рік.}$$

Найбільша чисельність населення у 2035 році становитиме:

$$131410 + 5 \times 2414 + 10 \times 2/3 \times 3318 = 131410 + 12070 + 22120 = 165600 \text{ чол.}$$

2. *Прогноз збереження тенденції росту чисельності населення.* Поточні швидкості зростання чисельності будуть продовжуватись протягом наступних 15 років. Середня величина населення у 2035 році становитиме:

$$131410 + 15 \times 2414 = 131410 + 36210 = 167620 \text{ чол.}$$

3. *Прогноз зниження чисельності населення.* Населення буде знижуватись на 500 чоловік кожний рік протягом п'яти років, а далі темпи зниження чисельності становитимуть 200 чоловік за рік. Низький рівень населення у 2035 році становитиме:

$$131410 - 5 \times 500 + 10 \times 200 = 126910 \text{ чол.}$$

Таким чином, оцінена чисельність населення – від існуючого населення 131410 чол. Діапазон населення від його зниження до зростання дорівнює 38690 чол., що становить приблизно 29% кількості існуючого населення.

Що цей інтервал у прогнозі означає для міського голови?

**Завдання 2.** За даними розрахунків скласти графік чисельності населення міста за минулий період. Фактичні дані про чисельність населення у проміжні між певними інтервалами роки не доступні, але їх можна екстраполювати, з'єднавши лініями точки, що відповідають відомим даним.

Чи може швидкість зростання населення знову досягти величини 2000-х років? Без додаткової інформації щодо особливостей регіону не можливо точно відповісти на це питання. Але можемо зробити деякі прогнози. Зробити відповідні висновки.

### **Контрольні питання:**

1. Розкрийте суть поняття урбанізація.
2. Назвіть основні відмінності міст і сільських населених пунктів.
3. Поясніть, які категорії міст за чисельністю населення прийняті в Україні?
4. Наведіть класифікацію міст за характером функцій міста.

5. Назвіть складові міста, як комплексної системи.
6. Дайте характеристику основним природним ресурсам, які необхідні для функціонування міста.
7. Розкрийте поняття «екологічна оптимізація урбоєкосистем».

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2

**Тема:** Міське господарство.

**Мета:** закріпити та поглибити знання про складові елементи міського господарства урбоєкосистеми. Навчитися проводити аналіз складу стічних вод, що потрапляють до поверхневих водних об'єктів.

**Обладнання та матеріали:** таблиці із даними щодо кількості забруднюючих речовин їх концентрацій, що потрапляють до річки, які містяться в стічних водах комунальних та інших підприємствах, підручники, посібники, калькулятор.

### План вивчення теми

- 1) Основні складові житлово-комунального господарства урбоєкосистеми.
- 2) Основні функції санітарно-технічних комунальних підприємств.
- 3) Система і схеми водопостачання міст та промислових підприємств.
- 4) Централізоване і децентралізоване водопостачання.
- 5) Система водовідведення та її характеристика.

### Питання до самопідготовки:

1. Роль транспортного господарства в процесі урбанізації.
2. Види міського транспорту з екологічних позицій.
3. Складові системи газифікації населених пунктів.
4. Функції паливно-енергетичного господарства міст.
5. Містобудування і захист навколишнього середовища.

### Теоретичні відомості

До складу об'єктів міського господарства входять споруди, а також підприємства, що їх експлуатують, які забезпечують функціонування міста як складної соціально – еколого – економічної системи. До них належать мережі водопостачання, водовідведення, енергопостачання, зв'язку, газопостачання і тепlopостачання, благоустрій і санітарне прибирання міської території, міський транспорт, а також міські водоймища і зелені насадження.

Чим більше місто, тим складніше система організації цього господарства і тим більш залежне від нього життєзабезпечення городян. Однією з головних задач міського господарства являється створення сприятливої екологічної обстановки.

Вода в комунальному господарстві використовується для задоволення питних і побутових потреб населення, для роботи підприємств побутового обслуговування, міського транспорту, будівельних організацій, в

протипожежних цілях, для обігріву (опалення) житлових та ін. будинків, поливу зелених насаджень, вулиць, присадибних ділянок тощо.

*Водозабезпечення населення* має ряд особливостей, які відрізняють цього водокористувача від інших. Одна з них – високі вимоги до якості води, оскільки стан джерел водопостачання і якість питної води безпосередньо впливають на здоров'я населення. Інша особливість полягає в тому, що потреби населення у воді мають задовольнятися із високим ступенем надійності – обмеження, і перебої в подачі води, як правило, неприпустимі.

*Водопостачання* – подавання поверхневих або підземних вод водоспоживачам у необхідній кількості та у відповідності з цільовими показниками якості води у водних об'єктах.

Одним із основних показників використання води комунальним господарством є *питоме водокористування* – добовий об'єм води у літрах, який припадає на одного жителя. Цей показник з початку ХХ ст. увесь час збільшувався. Якщо на початку століття в населених пунктах із водопроводом використовувалось 40–60 л води одним жителем за добу, то у 60-ті роки – 155, у 70-ті – понад 220, а у 80-ті – більше 300 л/добу.

Забір води з поверхневих водних об'єктів у межах міської зони здійснюється, головним чином, для технічного водопостачання, поливання та пожежогасіння. Для централізованого господарсько-питного водопостачання вода повинна забиратися з екологічно сприятливих місць.

Водопостачання повинно забезпечити цілодобову подачу води населенню і промисловим підприємствам в необхідній кількості і по якості, відповідній вимогам державного стандарту. З цією метою міська адміністрація і підприємства, які експлуатують системи водозабезпечення, постійно розвивають мережі водопостачання, включають до експлуатації нові джерела питної води, розширюють станції водопідготовки. Турботою міської влади являється скорочення використання питної води для виробничих потреб, зменшення непродуктивних витрат води.

Комунальне господарство нерівномірно використовує воду впродовж року. Значно збільшується кількість використання води влітку на побутові потреби населення, на поливання тротуарів, вулиць і зелених насаджень. В інші сезони року водокористування зменшується, і відхилення у використанні води від середньої величини становлять 15–20%. Використання води протягом доби також нерівномірне. Більша частина (понад 70% добового об'єму) використовується вдень. Нерівномірність добового і погодинного водокористування характеризується відповідними коефіцієнтами, які визначаються, як відношення максимального добового чи погодинного використання до середнього.

Вода, що подається комунальними водопроводами, має бути високої якості та відповідати державному стандарту, яким визначені основні її властивості (фізичні, хімічний та бактеріальний склад).

Поряд з централізованим водопостачанням в містах все більший розвиток одержує децентралізоване постачання населенню води покращеної якості, яку добувають із глибоких підземних горизонтів, а також із самовиливних джерел.

Вода, використана населенням і промисловими підприємствами, а також дощові, талі і поливомієчні води по системах водовідведення після очищення надходять у водні об'єкти. Очищення стічних вод проводиться на загальноміських очисних спорудах. Пропускна здатність і ефективність їх роботи повинні відповідати загальному об'єму водоспоживання міста і характеру вод, які надходять на очищення. Однією із найважливіших задач міської влади являється розвиток системи водовідведення і розширення загальноміських очисних споруд у відповідності з зростанням об'ємів водоспоживання. Поряд з багатоповерховою забудовою системи водовідведення повинні охоплювати і райони індивідуальної забудови, тому що традиційно використовувані вигрібні ями, які призначені для тимчасового накопичення рідких побутових відходів, служать джерелом забруднення підземних вод і не відповідають санітарно- епідеміологічним вимогам.

*Норма водовідведення* – встановлена середня добова кількість стічних вод на одного жителя, на промислових підприємствах – кількість стічних вод на одиницю готової продукції або використаної сировини. Норми водовідведення для населених пунктів прийнято вважати рівними нормам водоспоживання, оскільки побутові стічні води, що надходять в каналізацію, являють собою використану та забруднену водопровідну воду.

З метою захисту річок, струмків і водоймищ, що знаходяться в межах міста, від забруднення і засмічування скид стічних вод в них повинен бути заборонений, а найбільш забруднена частина поверхневого стоку в початковий період дощу повинна по системах водовідведення подаватися на загальноміські очисні споруди.

Навколо міських водних об'єктів повинні бути сформовані захисні прибережні смуги, в межах яких не допускається розташування звалищ сміття, складів, автостоянок, автозаправних станцій і інших об'єктів, які можуть бути джерелом забруднення поверхневих вод.

Набережні і береги міських водних об'єктів повинні укріплюватися і упорядковуватися. Система водопідпірних і водопропускних споруд на водотоках забезпечує підтримку необхідних з екологічних позицій глибин і швидкостей течії, а також аерацію річної води. Міські водоймища і водотоки покращують мікроклімат міського середовища в літній період і являються, як правило, місцем відпочинку городян.

Санітарне прибирання проїзної частини, тротуарів і внутрішньо-квартальних територій сприяє зменшенню забрудненості дощових вод, знижує запиленість повітряного басейну, покращує загальну екологічну обстановку в місті. З санітарним прибиранням міських територій безпосередньо зв'язане своєчасне віддалення твердих побутових відходів (ТПВ).

В містах, де відсутні об'єкти гірничодобувної промисловості, чорної і кольорової металургії, крупні електростанції, що працюють на вугіллі, і інші потужні промислові джерела забруднення атмосферного повітря, основним фактором негативного впливу на стан повітряного басейну являється автотранспорт. Якщо рух міського електротранспорту (трамвай, тролейбус) супроводжується тільки підвищеним вторинним запиленням, то експлуатація

транспорту, оснащеного двигунами внутрішнього згорання, приводить до викидів в атмосферу продуктів згорання, які утримують такі шкідливі речовини, як чадний газ, оксиди азоту, сполучення свинцю, сірки, сажі, бенз(а)пірен і ряд інших компонентів.

В теперішній час питома вага автотранспорту в забрудненні повітря центральної частини великих міст досягає 70% і більше. З метою захисту повітряного басейну від викидів автотранспорту створюють об'їзні автодороги для пропуску транзитного потоку, будують транспортні розв'язки в двох і більше рівнях, формують зони провітрювання і пішохідні зони, що обмежують в'їзд вантажного транспорту в центральну частину міста, ремонтують і реконструюють проїзну частину, пред'являють підвищені вимоги до роботи автотранспортних двигунів і якості палива.

Велике значення для покращання екологічного стану повітряного басейну має відмова від використання вугілля в міських котельних, теплоелектроцентралях і переведення їх на природний газ. Газифікація і теплопостачання житлового фонду і припинення використання твердого палива в побуті також сприяє оздоровленню повітряного басейну міста.

Виключна роль в формуванні екологічно сприятливого міського середовища належить зеленим насадженням. В містах України їх площа займає від 15–20% до 50–60% міської території. Важливе екологічне і рекреаційне значення мають зелені пояси навколо міст. Таким чином, міське господарство являється виключно важливим багатофункціональним інструментом, направленим на забезпечення екологічно сприятливого середовища проживання городян.

### **Завдання до виконання лабораторної роботи**

**Завдання.** Провести аналіз забруднюючих речовин стічних вод, що потрапляють до поверхневих вод річки Лугань (притока Сіверського Дінця).

#### **Вихідні дані для аналізу**

Водогосподарський комплекс є сукупністю різних галузей народного господарства, які разом використовують водні ресурси одного водного басейну. Такі галузі господарства називають учасниками водогосподарського комплексу. Серед них уваги потребують водоспоживачі, що забирають воду, частина якої втрачається безповоротно, а залишки повертають із зміненою якістю.

Слід проаналізувати склад стічних вод, що повертаються у річку, встановити кількість забруднюючих речовин промислових підприємств.

Кількість забруднюючих речовин розраховують за формулами:

$$N_{з.р.} = C_{з.р.} \cdot Q, \text{ (г/с)}, \quad (1)$$

$$N_{з.р.} = C_{з.р.} \cdot Q \cdot 86\,400/106, \text{ (т/добу)}, \quad (2)$$

де  $C_{з.р.}$  – концентрація забруднюючої речовини, мг/л;

$Q$  – витрати стічних вод промисловості, м<sup>3</sup>/с.



Стічні води заводу з виробництва азбесту містять завислі речовини, хлориди і сульфати у концентраціях, поданих у таблиці 5. Враховуючі ці значення, вихідні данні і пропонувані формули, можна обчислити кількість забруднюючих речовин, що надходять до річки, див. таблицю 5.

Таблиця 5 – Кількість забруднюючих речовин, що надходять до річки

Назва підприємства	Найменування забруднюючої речовини	Концентрація, мг/л	Витрати стічних вод, м <sup>3</sup> /с	Кількість забруднюючих речовин	
				г/с	т/добу
Завод з виробництва азбесту	Завислі речовини	230,0	0,07		
	Хлориди	7,2			
	Сульфати	49,2			

Міські стічні води є сумішшю господарсько-побутових, виробничих стічних вод і атмосферних – дощових і снігових (талих) вод. Стічні води є складними багатокомпонентними утвореннями, що забруднені речовинами, які можуть знаходитися в розчиненому, колоїдному і дисперсному (нерозчиненому) стані.

Знаючи кількість забруднюючих речовин у стічних водах комунального господарства міста і села (КГМ і КГС) та припустивши, що у басейні річки Лугань проживає 9000 мешканців з яких міське населення становить 80% від цієї кількості, а решта – сільське, можна обчислити кількість та концентрацію забруднюючих речовин. Після розрахунків необхідно заповнити таблицю 6.

Кількість забруднюючих речовин розраховують за формулою:

$$N_{з.р.} = A \cdot n, \text{ (т/добу)}, \quad (3)$$

де А – кількість забруднюючих речовин на 1 мешканця, г/добу;

n – кількість мешканців, тис. осіб.

Концентрацію забруднюючих речовин розраховують за формулою:

$$C_{з.р.} = N_{з.р.} / Q \cdot 0,0864, \text{ (мг/л)}, \quad (4)$$

де Q – витрати побутових вод, м<sup>3</sup>/с.

Тваринницькі комплекси і ферми використовують воду для тварин, приготування кормів, санітарно-гігієнічних та господарсько-побутових потреб обслуговування. Визначають концентрацію забруднюючих речовин у стічних водах тваринницького комплексу аналогічно попереднім обчисленням

використовуючи формули (3 і 4), знаючи кількість поголів'я – 3000 голів. Потім заповнюють таблиці 7 та 8.

Таблиця 6 – Кількість забруднюючих речовин та їх концентрації в стічних водах комунальних господарств міст і сіл

Назва забруднюючих речовин	Кількість забруднюючих речовин в г/добу на 1 мешканця		Кількість забруднень, т/добу		Витрати побутових вод, м <sup>3</sup> /с		Концентрація забруднюючих речовин, мг/л	
	КГМ	КГС	КГМ	КГС	КГМ	КГС	КГМ	КГС
Завислі речовини	65	21,45			0,11	0,028		
БСК <sub>пов.</sub>	40	13,2						
Азот амонійний	8	2,64						
Фосфати	3,3	1,09						
Хлориди	9	2,97						
СПАР	2,5	0,83						

Таблиця 7 – Концентрація забруднюючих речовин в стічних водах тваринницького комплексу

Назва забруднюючих речовини	Кількість забруднюючих речовин, г/добу на 1 тварину	Кількість забруд. речовин, т/добу	Витрати стічних вод, м <sup>3</sup> /с	Концентрація забруднюючих речовин, мг/л
БСК <sub>5</sub>	0,3		0,062	
Калій	0,2			
Азот органічний	0,246			
Фосфати	0,15			
Завислі речовини	46			

Систематизувати забруднюючі речовини та проаналізувати склад стічних вод всіх учасників водогосподарського комплексу (ВГК) у басейні річки Лугань, можна за допомогою таблиці 8.

Таблиця дає змогу зробити висновок про навантаження на річку. Визначивши концентрації забруднюючих речовин, необхідно налагодити систему спостережень за якістю води.

Фонова концентрація деяких речовин у водному об'єкті: завислих речовин – 15 мг/л; хлоридів – 55 мг/л; сульфатів – 150 мг/л; азоту амонійного – 0,2 мг/л; БСК<sub>5</sub> – 3 мг/л.

Таблиця 8 – Забруднюючі речовини стічних вод учасників водогосподарського комплексу басейну річки Лугань

Назва забруднюючої речовини	Фонова концентрація речовини в річці, мг/л	ГДК, мг/л	Концентрації забруднюючих речовин у стічних водах учасників ВГК, мг/л			
			ТК	КГС	КГМ	П
1	2	3	4	5	6	7

Примітка. ТК – тваринницький комплекс; КГС – комунальне господарство села; КГМ – комунальне господарство міста; П – підприємство.

### Контрольні питання:

1. Поясніть, які об'єкти відносяться до складу міського господарства?
2. Поясніть, у чому полягає роль житлово-комунального господарства?
3. Централізоване та децентралізоване водопостачання міста.
4. Наведіть класифікацію систем водопостачання.
5. Поясніть загальну схему водопостачання населеного пункту.
6. Наведіть класифікацію системи водопостачання промислових підприємств.
7. Поясніть, які системи водовідведення стічних вод існують в містах?

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 3

**Тема:** Особливості формування повітряного середовища міських систем.

**Мета:** навчитися проводити розрахунок гранично допустимих викидів шкідливих речовин, що потрапляють до атмосферного повітря.

**Обладнання та матеріали:** табличні дані щодо основних параметрів забруднюючих інгредієнтів викидів у цеху чавуноливарної вагранки, підручники, посібники, конспекти лекцій, калькулятор.

### План вивчення теми

- 1) Будова і склад атмосфери.
- 2) Антропогенне забруднення атмосфери.
- 3) Смог, туман, серпанок та їх характеристика.
- 4) Найпоширеніші забруднюючі речовинами, що надходять у атмосферне повітря від техногенних джерел.
- 5) Охорона повітряного середовища від забруднення.

### Питання до самопідготовки:

1. Антропогенні зміни клімату Землі від техногенного забруднення атмосферного басейну міських екосистем.
2. Парниковий ефект та його характеристика.
3. Сучасний стан озонового екрану.

4. Фактори руйнування озону.
5. Шляхи збереження озонового шару Землі.
6. Стан забруднення атмосферного повітря в м. Запоріжжя.

### **Теоретичні відомості**

Багато питань екології міста пов'язано з атмосферою. Серед них – походження і склад атмосфери, атмосферна циркуляція, формування кліматичних умов міста, антропогенні і природні складові теплового балансу, мезо- і мікрокліматичні особливості міського середовища, метеорологічні чинники, що впливають на процеси забруднення і розсіювання, функціональні та територіальні особливості міста. З розвитком великих міст, промисловості, енергетики і автотранспорту з'явилося нове джерело надходження речовин в атмосферу – техногенне забруднення, яке за потужністю викидів можна поставити в один ряд із сучасною вулканічною діяльністю. Здоров'я городян багато в чому визначається станом міської атмосфери. Важливого значення набувають встановлення основних джерел забруднення атмосферного повітря міст, моніторинг за забрудненням повітря, нормування його якості, нормування викидів від промислових підприємств і автотранспорту, містобудівні, організаційні і технологічні способи боротьби із забрудненням повітря.

*Атмосфера* – зовнішня газова оболонка Землі, механічна суміш різних газів, водяної пари і твердих частинок. Сучасна атмосфера є результатом еволюції живої речовини біосфери і геофізичних процесів. Її принципова відмінність від первинної полягає у наявності кисню, що надходить за рахунок фотосинтезу. Атмосфера регулює клімат Землі, переносить водяну пару по планеті, захищає її від приземного нагрівання й охолодження, затримує радіоактивне космічне випромінювання і потік метеоритних тіл. Атмосферне повітря необхідне для дихання живих організмів, воно є середовищем існування літаючих форм організмів і джерелом вуглекислого газу для фотосинтезу. У повітрі є гази відносно постійного складу, а також величезна кількість так званих мінливих (слідів) газів, вміст яких може суттєво змінюватися у просторі і часі. Склад атмосфери знаходиться у стані динамічної рівноваги, що підтримується такими кліматичними чинниками, як переміщення повітряних мас (вітер і конвекція), атмосферні опади, життєдіяльність тваринного і рослинного світів, особливо лісів і планктону світового океану, а також в результаті космічних процесів, геохімічних явищ і господарської діяльності людини. Під впливом атмосферних опадів, сонячної радіації і в результаті перенесення повітряних мас атмосферне повітря позбавляється від сторонніх домішок. Цей процес називається *самоочищенням атмосфери*.

Біля поверхні Землі повітря має різні домішки, у містах воно містить до 40 інгредієнтів, не властивих природному повітряному середовищу. У одному кубічному метрі повітря промислового міста міститься від 10 до 10000 найдрібніших частинок, у горах і сільській місцевості – близько 5 тисяч.

Викиди, що містять домішки у вигляді частинок пилу, диму, туману або пари, які знаходяться в атмосфері у завислому стані, називаються аерозолями.

Загальне число різновидів забруднюючих атмосферу аерозолів становить декілька сотень.

Тверді компоненти аерозолів техногенного походження – це продукти діяльності теплових електростанцій, збагачувальних фабрик, металургійних, магнезитових, цементних і сажових заводів. Ці компоненти дуже небезпечні для живих організмів, у людей вони викликають специфічні захворювання.

Розрізняють *пасивні* та *активні аерозолі*, в залежності від їх дії на організм людини. Пасивні аерозолі акумулюються на стінках органів дихання і можуть викликати ряд захворювань при певних концентраціях. Активні аерозолі залучаються до процесу кровообігу і є більш небезпечними для людського організму, оскільки можуть викликати різноманітні захворювання, потрапляючи в клітини організму людини.

Дуже шкідливим аерозольним забруднювачем атмосфери є органічний пил, що містить у собі аліфатичні й ароматичні вуглеводні, солі кислот. Він утворюється при спалюванні залишкових нафтопродуктів, у процесі піролізу на нафтопереробних, нафтохімічних та інших подібних підприємствах. У атмосфері аерозольні забруднення можуть знаходитись у вигляді диму, туману, імлі або серпанку.

*Туман і серпанок* – це явища, що виникають в результаті конденсації водяної пари біля земної поверхні. Через розсіювання світла у далеких об'єктів зменшуються контраст і відмінності в кольорі. *Туман* – помутніння атмосфери до значень видимості менш як 1 кілометр зваженими в повітрі найдрібнішими краплями або кристалами. *Серпанок* – легка поволока, легкий прозорий туман, димка, викликане наявністю у повітрі продуктів конденсації – дрібних крапель води чи кристаликів льоду. На відміну від туману дальність видимості – більше 1 кілометра. Якщо видимість погіршується не із-за частинок вологи (крапель або кристалів), то це явище носить іншу назву – *імла*.

За певних погодних умов у приземних шарах атмосфери відбуваються особливо значні скупчення газоподібних і аерозольних домішок – смогів, які за своєю фізіологічною дією на органи дихання і кровоносну систему є вкрай небезпечними.

*Рідкі забруднюючі речовини* утворюються при конденсації пари, розпиленні або розливі рідин, в результаті хімічних або фотохімічних реакцій. Залежно від точки плавлення сконденсована пара за низьких температур може переходити у тверді частинки.

*Газоподібні забруднюючі речовини* утворюються в результаті хімічних реакцій окислення, відновлення (наприклад, виробництво коксу, соляної кислоти з хлору і водню, аміаку з атмосферного азоту й кисню), заміщення. Потужним джерелом газоподібних сполук є хімічні реакції розкладання (виробництво фосфорних добрив), електрохімічні процеси (виробництво алюмінію), випалення руд і нерудної мінеральної сировини (кольорова металургія, виробництво цементу), а також процеси електролізу, випарювання, дистиляції.

Найбільшу частину газоподібних викидів складають продукти окиснення, що утворилися в процесі горіння. При окисненні карбону утворюється CO і

CO<sub>2</sub>, при окисненні сірки – SO<sub>2</sub>, азоту – NO і NO<sub>2</sub>. При неповному згорянні в результаті неповного окислення утворюються альдегіди або органічні кислоти.

Зі всієї маси забруднюючих речовин, що надходять в атмосферу від антропогенних джерел, близько 90% складають газоподібні, 10% – тверді і рідкі речовини. Найпоширенішими забруднюючими речовинами, що надходять у атмосферне повітря від техногенних джерел, є: пил, оксид карбону (II), діоксид сірки, оксиди нітрогену, вуглеводні.

*Пил* (тонкодисперсні тверді частинки розміром менше 1,0 мкм), що міститься в атмосфері, класифікується за часом і процесами його утворення:

- 1) первинне запилення – пил, що утворюється в результаті будь-якого природного або антропогенного процесу і викидається в атмосферу;
- 2) вторинне запилення – пил, що утворюється в атмосфері із рідких або газоподібних речовин, які містяться в атмосфері, в результаті хімічних або фізичних перетворень;
- 3) поверхневе запилення – перехід пилу, що сформувався на поверхні землі, в атмосферу.

Антропогенні джерела первинного пилоутворення виникають в результаті таких процесів:

- вибухові роботи;
- розрівнювання території;
- транспортування сипких матеріалів (навантажування, розвантажування, просіювання, перемішування, розподіл за фракціями);
- механічна обробка матеріалів (дроблення, помел, шліфування, різання);
- теплові процеси і процеси горіння (сушка, прожарювання, спалювання, плавлення);
- знос і руйнування речовин (гальмівні колодки автомобіля, абразивне коло заточувального верстата).

Розмір порошинок коливається від сотих часток до декількох десятків мкм. Середній розмір частинок пилу в атмосферному повітрі становить 7–8 мкм. Пил здійснює шкідливу дію на людину, рослинний і тваринний світ, поглинає сонячну радіацію і тим самим впливає на термічний режим атмосфери і земної поверхні. Частинки пилу служать ядрами конденсації при утворенні хмар і туманів.

Основні джерела утворення пилу:

- автотранспорт;
- виробництво будівельних матеріалів (цементу, цегли);
- теплові електростанції, які працюють на твердому паливі (зола і сажа);
- чорна і кольорова металургія (оксиди заліза, марганцю, алюмінію, магнію, частинки Al, Cu, Zn);
- машинобудівні і металообробні виробництва (пил металевий, оксиди заліза, фосфору і ряду інших елементів);
- нафтохімічні підприємства (пил токсичний і вибухонебезпечний);

- місця складування побутових і виробничих відходів.

Промисловий пил наносить значну шкоду – погано пропускає ультрафіолетову радіацію, перешкоджає самоочищенню атмосфери, засмічує слизові оболонки дихальних та зорових органів, подразнює шкіру, є переносником бактерій і вірусів, призводить до онкологічних захворювань. У деяких промислових містах за добу випадає більше однієї тони пилу на км<sup>2</sup> території. Основна маса пилу вимивається з атмосфери опадами.

Атмосферне повітря населених пунктів постійно забруднюється і за всіма параметрами докорінно відрізняється від природного повітря. Сьогодні у містах багатьох країн забруднення повітря у 15 разів вище, ніж у сільській місцевості й у 150 разів вище, ніж над океаном.

Забруднення атмосфери призводить до руйнування будівель і споруд, що є наслідком дії абразивів (твердих частинок) та корозії. Найбільш негативно забруднення впливає на живі організми – вони уражаються як прямо, так і опосередковано. У забруднених районах різко підвищується ймовірність різних захворювань.

### **Завдання до виконання лабораторної роботи**

**Завдання.** Провести розрахунок гранично допустимих викидів (ГДВ) забруднюючих інгредієнтів у ливарному цеху чавуноливарної вагранки знаючи умови викиду цих шкідливих забруднюючих речовин у повітряний басейн. Для виконання завдання необхідно використати вихідні дані, які наведені у табл. 10.

### **Схема виконання:**

Відповідно до Закону «Про охорону атмосферного повітря», з метою обмеження техногенної дії на атмосферу, в якості охоронного заходу, поряд з ГДК, передбачають регулювання і кількісне обмеження викидів в атмосферу. Реалізація цього положення Закону здійснюється нормуванням гранично допустимим викидом (ГДВ) забруднюючих речовин стаціонарними і пересувними джерелами забруднення.

ГДВ встановлюється для кожного джерела забруднення атмосфери (і для кожного інгредієнту, який надходить до атмосфери з цього джерела), таким чином, що викиди шкідливих речовин від даного джерела та від сукупності джерел усього населеного пункту з урахуванням перспектив розвитку інфраструктури промислових підприємств і розсіювання шкідливих речовин в атмосфері не створюють приземну концентрацію, яка перевищувала б їх ГДК<sub>мр</sub> (гранично допустима концентрація максимально разова). Основні значення ГДВ – максимальні разові, встановлюються за умови повного навантаження як технологічного, так і газоочисного обладнання та їх нормальної роботи, і не повинні перевищуватись в будь-який довільний 20-хвилинний період часу.

Поряд з максимальними разовими (контрольними) значеннями ГДВ ( $г \cdot с^{-1}$ ) встановлюють похідні від них річні значення ГДВ<sub>р</sub> ( $т \cdot рік^{-1}$ ), для окремих джерел і для підприємства в цілому з урахуванням нерівномірності викидів у часі, в тому числі з огляду на планові ремонти технологічного та газоочисного обладнання.

Інвентаризація викидів забруднюючих речовин в атмосферу виконують відповідно з вимогами нормативної та методичної документації: (Порядок розроблення та затвердження нормативів граничнодопустимих викидів забруднюючих речовин із стаціонарних джерел затверджений постановою Кабінету Міністрів України від 28 грудня 2001 р. № 1780). ГДВ для кожного стаціонарного джерела встановлюється за умови, що викиди шкідливих речовин від такого джерела сумісно з фоновим забрудненням не може спричинити в приземному шарі атмосфери концентрацію, яка перевищує ГДК, тобто необхідним є виконання умови:

$$C_M + C_\phi \leq \text{ГДК}, \quad (5)$$

де:  $C_M$  – концентрація в приземному шарі атмосфери забруднювачів від цього джерела ( за умов найбільш несприятливих для розсіювання);  
 $C_\phi$  – фонові концентрації,  $\text{мг} \cdot \text{м}^{-3}$ .

Значення гранично допустимих викидів для нагрітої газоповітряної суміші з одиночного (точкового) джерела з круглим отвором (наприклад труба котельні) у випадку, коли фонові концентрації суміші  $C_\phi$  встановлена як незалежна від швидкості та напрямку вітру і постійна на території району, що розглядається, тоді в цьому випадку ГДВ визначається за формулою:

$$\text{ГДВ} = \frac{(\text{ГДК} - C_\phi) \cdot H^2 \cdot \sqrt[3]{V_{zc} \cdot \Delta T}}{A \cdot F \cdot n \cdot m \cdot \eta}, \quad (6)$$

де:  $A$  – коефіцієнт, що залежить від температурної стратифікації атмосфери та визначає умови горизонтального розсіювання атмосферних домішок,  $\text{с}^{2/3} \cdot \text{мг} \cdot \text{град} \cdot \text{с}^{-1}$ ;

$F$  – безрозмірний коефіцієнт, що враховує швидкість осідання шкідливих речовин в атмосфері. Для дрібнодисперсних аерозолів з коефіцієнтом очищення викидів не менш як 90 %:  $F=2$ , від 75 до 90 %  $F=2,5$ , менш як 75 % і в разі відсутності очищення  $F=3$ );

$m$ ,  $n$  – безрозмірні коефіцієнти, що враховують умови виходу газоповітряної суміші з отвору джерела викиду;

$H$  – висота джерела викиду над рівнем Землі,  $\text{м}$ ;

$\Delta T$  – різниця між температурою газоповітряної суміші  $T_{zc}$ , що викидається, та температурою навколишнього середовища (повітря)  $T_n$ .

$V_{zc}$  – об'єм газоповітряної суміші,  $\text{м}^3 \cdot \text{с}^{-1}$ ; визначається за формулою:

$$V = \frac{\pi D^2}{4} \cdot \varpi, \quad (7)$$



де:  $D$  – діаметр отвору джерела викиду,  $m$ ;

$\varpi$  – середня швидкість виходу газоповітряної суміші з отвору джерела викиду,  $m \cdot c^{-1}$ .

Величину безрозмірного параметра  $m$  визначають в залежності від параметра  $f$ ,  $m \cdot c^{-2} \cdot c^{-1}$ , за формулою:

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1 \cdot \sqrt{f} + 0,34 \cdot \sqrt[3]{f}}, \quad (8)$$

де  $f$  – знаходять за виразом:

$$f = 10^3 \frac{\varpi^2 \cdot D}{H^2 \Delta T}, \quad (9)$$

У випадку, якщо значення параметра  $f$  відповідає нерівності  $f_e < f < 100$  де параметр  $f_e$  обчислюють за виразом:

$$f_e = 800 (V_m')^3, \quad (10)$$

а  $V_m'$ ,  $m/c$ , дорівнює:

$$V_m' = 1,3 \cdot W_0 D / H, \quad (11)$$

Значення коефіцієнта  $m$  розраховують за формулою (8), в яку замість  $f$  підставляють  $f_e$ .

Величину безрозмірного коефіцієнта  $n$  – визначають в залежності від параметра  $V_m$  за формулами:

$$n = 0,532 V_m^2 - 2,13 V_m + 3,13 \quad \text{при } 0,5 \leq V_m < 2; \quad (12)$$

$$n = 4,4 V_m - \quad \text{при } V_m < 0,5; \quad (13)$$

$$n = 1 - \quad \text{при } V_m > 2. \quad (14)$$

При цьому  $V_m$  знаходять за формулою:

$$V_m = 0,653 \sqrt[3]{\frac{V_{zc} \cdot \Delta T}{H}}. \quad (15)$$

Безрозмірний коефіцієнт  $\eta$  приймається рівним 1, якщо в радіусі ( $50 \times H$ ) від джерела викиду, перепад відміток місцевості не перевищує 50 м на 1 км.

**Приклад розрахунку ГДВ для забруднюючих інгредієнтів котельні, що працюють на газу.**

Дані для виконання розрахунків ГДВ наведені в табл. 9.

Значення  $\Delta T(^{\circ}\text{C})$  слід визначити, приймаючи температуру  $T_n$  рівною його середній температурі в 13 годині найбільш спекотного місяця, ( $T_n=23^{\circ}\text{C}$ ). Коефіцієнт стратифікації для міста Житомира становить 180.

Таблиця 9 – Дані для виконання розрахунків ГДВ

Висота джерела викиду $H$ , м	50
Діаметр гирла труби $D$ , м	1,2
Швидкість виходу газів $\varpi$ , м с <sup>-1</sup>	6,5
Температура викиду газової суміші $T_{\text{гс}}$ , $^{\circ}\text{C}$	140
Температура навколишнього середовища $T_{\text{п}}$ , $^{\circ}\text{C}$	25
Фонова концентрація $\text{CO}$ , мг·м <sup>-3</sup>	0,7
Фонова концентрація $\text{NO}_2$ , мг·м <sup>-3</sup>	0,04

1. Визначаємо об'єм газоповітряної суміші за формулою (7):

$$V_m = \frac{\pi \cdot 1,2^2}{4} \cdot 6,5 = 7,35 \text{ м}^3/\text{с}. \quad (16)$$

2. Визначаємо параметр  $f$  за формулою (9):

$$f = 10^3 \frac{6,5^2 \cdot 1,2}{50^2 (140 - 23)} = 0,17 \text{ м}(\text{с}^2 \cdot \text{град}). \quad (17)$$

3. Обчислюємо параметр  $m$  за формулою (8):

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1 \cdot \sqrt{0,17} + 0,34 \cdot \sqrt[3]{0,17}} = 0,9. \quad (18)$$

4. Визначаємо параметр  $V_m$  за формулою (15):

$$V_m = 0,65 \sqrt[3]{\frac{7,35 \cdot 117}{50}} = 1,68 \text{ м/с}. \quad (19)$$

5. Коефіцієнт  $n$  визначається за формулою (12):

$$n = 0,532 \cdot 1,68^2 - 2,13 \cdot 1,68 + 3,13 = 1,06. \quad (20)$$

6. Визначаємо ГДВ для інгредієнтів  $CO$  та  $NO_2$  за формулою (6):

Коефіцієнт  $F$  для газів становить 1. Коефіцієнт  $\eta = 1$  за умов, якщо в радіусі  $(50 \times H)$  від джерела викиду, перепад відміток місцевості не перевищує 50 м на 1 км.

$$ГДВ_{CO} = \frac{(5 - 0,7) \cdot 50^2 \cdot \sqrt[3]{7,35 \cdot 117}}{180 \cdot 1 \cdot 1,06 \cdot 0,9 \cdot 1} = 595,1 \text{ мг/с.} \quad (21)$$

$$ГДВ_{NO_2} = \frac{(0,085 - 0,44) \cdot 50^2 \cdot \sqrt[3]{7,35 \cdot 117}}{180 \cdot 1 \cdot 1,06 \cdot 0,9 \cdot 1} = 6,3 \text{ мг/с.} \quad (22)$$

**Висновок.** Гранично допустимий викид у першу чергу залежить від висоти джерела викиду (труби), швидкості газового потоку та температури газової суміші.

### Вихідні дані для аналізу

Таблиця 10 – Вихідні дані для визначення ГДВ.

Варіант	H, м	D, м	$\varpi$ , м·с <sup>-1</sup>	T <sub>гс</sub> , °C	C <sub>ф</sub> (CO), мг·м <sup>-3</sup>	C <sub>ф</sub> (NO <sub>2</sub> ), мг·м <sup>-3</sup>
1	20	0,25	4,5	2,6,9	0,80	0,040
2	15	0,30	4,6	26,7	0,81	0,041
3	17	0,35	5,0	27,1	0,79	0,042
4	10	0,35	5,2	27,3	0,78	0,043
5	12,5	0,40	7,0	27,2	0,80	0,045
6	15	0,45	7,2	24,1	0,69	0,046
7	20	0,45	4,5	29,4	0,71	0,047
8	12,5	0,50	4,7	26,5	0,73	0,048
9	15	0,55	6,0	22,1	0,72	0,049

### Контрольні питання:

1. Поясніть, яка будова і газовий склад атмосферного повітря?
2. Поясніть, якими є наслідки забруднення атмосферного повітря?
3. Дайте оцінку ролі різних галузей промисловості в забрудненні атмосфери.
4. Поясніть механізм парникового ефекту і проаналізуйте його екологічні наслідки.
5. Поясніть, чому виснаження озонового шару Землі є однією з найважливіших екологічних проблем сучасності?
6. Поясніть, які галузі промисловості негативно впливають на стан атмосферного повітря в м. Запоріжжя?

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 4

**Тема:** Контроль стану атмосферного повітря у містах.

**Мета:** навчитися оцінювати ступінь забруднення атмосферного повітря шкідливими речовинами за допомогою мохоподібних.

**Обладнання та матеріали:** табличні вихідні дані щодо основних результатів морфологічних змін трансплантантів мохів на дослідженій міській території, підручники, посібники, конспекти лекцій, калькулятор.

**План вивчення теми**

- 1) Система моніторингу атмосферного повітря.
- 2) Теоретичні основи біоіндикації.
- 3) Біоіндикація забруднення атмосферного повітря.
- 4) Біоіндикаційні дослідження в Україні.
- 5) Методика оцінка ступеня забруднення атмосферного повітря промислового регіону із застосуванням епіфітних мохоподібних.

**Питання до самопідготовки:**

1. Забруднення атмосферного повітря урбоекосистеми автотранспортом.
2. Утворення кислотних дощів та їх вплив на навколишнє середовище.
3. Районування території міста згідно ступеня забруднення.
4. Переваги використання мохоподібних у біоіндикаційних дослідженнях у порівнянні з іншими тест-об'єктами.
5. Визначення потенціалу самоочищення атмосфери.

**Теоретичні відомості**

Атмосферне повітря займає особливе положення серед інших компонентів біосфери. У життєдіяльності людини повітря є основною умовою існування. При цьому повітря повинне мати певну чистоту – будь-які відхилення від норми небезпечні для здоров'я людини.

Характер тимчасової і просторової мінливості концентрації шкідливих домішок зумовлений рядом обставин, які важливі у забезпеченні необхідної чистоти атмосферного повітря. Основою для виявлення усіх факторів і закономірностей є спостереження за станом забруднення повітряного басейну – від можливостей і якості спостережень, що проводяться, залежить ефективність усіх заходів з охорони повітря. Необхідність організації системи спостережень за забрудненням повітряного басейну в містах й інших промислово розвинених населених пунктах зумовлена тим, що на локальному і регіональному рівнях ступінь забруднення атмосфери може перевищувати санітарно-гігієнічні нормативи.

Дані про рівень забруднення атмосфери використовуються при складанні короткочасних прогнозів, попереджень про можливе підвищення забрудненості у зв'язку з несприятливими метеорологічними умовами, для розробки заходів, направлених на пониження концентрації шкідливих речовин.

Вирішення комплексу завдань, пов'язаних зі збором інформації щодо відомостей про наявні та перспективні джерела забруднення атмосфери, характеристики забруднюючих речовин (токсичність, здатність вступати в хімічні реакції з ін. речовинами, здатність до самоочищення), метеорологічні умови, забезпечує система моніторингу, яка складається з систем спостереження і контролю.

*Моніторинг атмосферного повітря* – це інформаційно-технічна система спостережень за станом атмосфери, оцінювання і прогнозування рівня забруднення атмосферного повітря та надання на цій основі рекомендацій щодо заходів з його охорони (контроль, аналіз, висновки).

*Система спостережень* здійснює спостереження за якістю атмосферного повітря у містах, населених пунктах і територіях, розміщених поза зоною впливу джерел забруднення.

*Система контролю* здійснює спостереження і контроль за джерелами забруднення, викидами шкідливих речовин у атмосферу та дотриманням встановлених екологічних нормативів.

*Основна мета* моніторингу за станом атмосферного повітря полягає у забезпеченні зацікавлених державних і громадських органів, підприємств, установ й ін. організацій, систематичною інформацією про рівень забруднення атмосфери і про прогнози його змін під впливом господарської діяльності і метеорологічних умов.

Стандартна мережа моніторингу забезпечує надходження інформації про стан атмосферного повітря, на основі якої можна вирішувати такі задачі:

- 1) оцінювати рівень забруднення атмосфери;
- 2) планувати розміщення промислових підприємств та санітарно захисних зон;
- 3) вивчати вплив забруднення повітряного басейну на здоров'я населення;
- 4) оцінювати збитки, що наносяться лісам, тваринництву, сільському господарству, будівлям і спорудам;
- 5) уточнювати і перевіряти розрахункові методи розсіювання домішок від джерел забруднення атмосферного повітря;
- 6) оцінювати фонове забруднення атмосфери.

Проблема забруднення природного середовища – одна з глобальних проблем сучасності. У зв'язку з активним розвитком індустріальних центрів, промисловості, транспорту до атмосфери надходить велика кількість забруднюючих речовин. Найбільш гострою екологічною проблемою у великих промислових містах є проблема забруднення атмосферного повітря викидами шкідливих речовин підприємств. Антропічний чинник впливає на біорізноманіття біогеоценозів.

В атмосферному повітрі зустрічаються десятки різних забруднюючих речовин, які є токсичними, та чинять шкідливий вплив як на людину, так і на інші живі організми. Тому в містах та на територіях, що прилягають до підприємств, створені системи контролю за забрудненням і його концентраціями, та вони мають певні недоліки. Результати, які отримують

завдяки використанню таких приладів повідомляють про стан атмосферного повітря лише на даний момент та фрагментарно, оскільки мережа систем контролю недостатньо густа, а її розширення обмежене у зв'язку з високою вартістю приладів.

Вплив антропогенних чинників на навколишнє середовище, викликав проблему збереження стану рівноваги в природі та збереження екосистем. Тому на сьогодні все більшої актуальності набуває проблематика якісної експрес-оцінки рівня забруднення компонентів довкілля.

Одним із методів такої оцінки є *біоіндикація* – встановлення рівня забрудненості середовища за допомогою живих організмів (біоіндикаторів).

Біоіндикація має низку переваг перед інструментальними методами вимірювання. Вона характеризується високою ефективністю, та не потребує великих затрат, вимагає порівняно мало часу для оцінки стану навколишнього середовища на значній території.

Оскільки рослини в цілому володіють відносно високою чутливістю до дії деяких забруднюючих речовин, їх можна використовувати в якості індикаторів для виявлення забруднення і визначення його рівня, а також при здійсненні моніторингу стану забруднення атмосфери. Якщо рослини здатні накопичувати забруднюючі речовини без зміни їх хімічного складу за рахунок метаболічних процесів і, якщо акумульовані речовини можуть бути легко ідентифіковані в зразках рослини, то такі види рослин можна використовувати, як накопичувачі забруднення. Якщо акумуляція речовин рослинами може розглядатися, як прояв впливу забруднення, то використання рослин є надзвичайно зручним для визначення рівня та складу забруднення та моніторингу ефектів впливу забруднюючих речовин.

Доволі багато різних видів рослин можна використовувати в якості індикаторів або накопичувачів забруднення повітря через їх здатність до прояву ефектів впливу. Наприклад, для цих цілей можуть бути використані епіфітні види лишайників, мохи, папороті, вищі форми рослин, що мають судинну систему. Для біологічного моніторингу ефектів забруднення повітря придатні як дикорослі, так і культурні види рослин. Проте різниця в складі ґрунтів, ґрунтових вод та інші фактори (включаючи кліматичні) можуть вплинути на ефекти впливу забруднення повітря, що спостерігаються в різних районах.

Відомо, що методи біоіндикації ґрунтуються на межах толерантності кожного виду до забруднення, а також до факторів навколишнього середовища. За їх допомогою можна встановити масштаби сумарного шкідливого впливу атмосферного забруднення. Разом з інструментальними методами біоіндикація, а в урбоекосистемах, зокрема ліхеноіндикація і бріоіндикація, дають досконаліші дані для науки.

Сьогодні *методи біоіндикації* – це методи оцінки забруднення атмосферного повітря кислотними забруднювачами, пилом, важкими металами, радіонуклідами – неможливо уявити без використання мохоподібних, адже ці рослини залежать від стану повітряного середовища, оскільки, воду та мінеральні речовини вони отримують з повітря.

Для біоіндикаційних досліджень за допомогою бріофітів та лишайників характерні такі позитивні риси:

- 1) для оцінки стану повітря на значній території на їх виконання потрібні значно менші як матеріальні, так і часові затрати;
- 2) отримані дані відображають середньорічний стан атмосфери за багато років;
- 3) при повторних дослідженнях території можна прослідкувати динаміку ступеня забруднення території.

Хоч даний вид досліджень має багато позитивних рис, але і до сьогодні він є мало розроблений як в нашій країні, так і за її межами.

Найчастіше використовується методика бріоіндикації, описана Л.Ю. Прудніковою – як найбільш ефективний метод діагностики стану міського середовища за допомогою мохів, що широко застосовується за кордоном. В умовах великих міст, він має ряд кращих можливостей, порівняно з традиційним методом ліхеноіндикації. Мохи є не менш цінними тест-об'єктами, ніж лишайники. Порівняно з останніми вони мають такі позитивні риси:

- 1) в умовах сильного забруднення – лишайники будуть досить пригніченими і зустрічатимуться зрідка, а представники мохів-урбанофілів гарно почувують себе в таких умовах.
- 2) робота з мохами ґрунтується на простішій методиці, що не потребує досить високої кваліфікації і дозволяє використання мінімального часу на мікроскопічні дослідження;
- 3) бріофлора міста відображає урбанізацію, як комплексне явище.

В Україні бріоіндикація тільки починає нарощувати темпи свого поширення серед науковців, в цей час як за кордоном даний напрям розвивається вже давно. Європейські, канадські і японські вчені розробили методики діагностики атмосферного забруднення за допомогою мохів. Найінтенсивніші дослідження в даній області ведуть японські вчені. Для їхньої країни забруднення атмосфери є досить болючим питанням. Моніторинг і картування проводяться в багатьох великих містах Японії. Канадські вчені використовують як тест-об'єкти мохово-лишайникові синузії. В Іспанії бріомоніторингом охоплено біля 40 міст в різних частинах країни. Найкраще за допомогою бріомоніторингу виявляється вміст SO<sub>2</sub>, також добре діагностується кількість важких металів.

Мохи здатні накопичувати у своєму організмі широкий спектр техногенних полютантів: від органічних речовин, включаючи пестициди, до важких металів і радіонуклідів. Вміст важких металів у зелених надґрунтових мохах тісно пов'язане зі змістом цих елементів у верхньому шарі ґрунту. У порівнянні з епіфітами, надґрунтові види менш придатні для оцінки вмісту важких металів в атмосфері.

Мохи здатні витягувати іони різних елементів прямо з атмосфери, якщо цих елементів немає в субстраті. Це пов'язано з тим, що мохоподібні позбавлені покривних тканин і вологу вбирають усією поверхнею тіла, яка дуже велика щодо обсягу. Тому, мохи служать чудовими індикаторами

наявності або відсутності різних елементів в атмосфері або субстраті. Найбільш перспективним є їх використання для вивчення забруднення навколишнього середовища важкими металами, для індикації таких металів, як Pb, Zn, Cd, Cu, Fe, Ni.

**Опис методу.** Об'єктами трансплантації, відповідно до вимог фітоіндикаційних досліджень були вибрані три види епіфітних мохоподібних: бокоплідні види на прикладі *Leskea polycarpa* Hedw. і *Leptodictium riparium* (Hedw.) Warnst. та верхоплідний вид *Orthotrichum pumilum* Sw. Дані види є достатньо розповсюджені на території міста Запоріжжя і у сприятливих умовах утворюють достатньо великі площі обростання як на живих, так і на відмерлих деревах.

Оцінка ступеня забруднення атмосферного повітря промислового регіону із застосуванням епіфітних мохоподібних на прикладі *Leskea polycarpa* Hedw., *Leptodictium riparium* (Hedw.) Warnst. і *Orthotrichum pumilum* Sw. дає змогу оцінити, визначити і порівняти екологічні умови досліджуваних територій урбоєкосистеми.

Трансплантати трьох видів мохів були розміщені у двох моніторингових зонах м. Запоріжжя:

1. Центральний парк культури та відпочинку «Дубовий Гай» (Зона 1);
2. Санітарно-захисна зона металургійного заводу ПАТ «Запоріжсталь» (Зона 2).

В якості умовно контрольної зони було обрано лісосмугу, розташовану на периферії м. Запоріжжя поза дією вітру від ПАТ «Запоріжсталь».

Для бріоіндикаційних досліджень використовували методи активного моніторингу. Збір рослинного матеріалу проводили в умовно чистій зоні (контроль). Було обрано дерева (живі і повалені), стовбури яких від поверхні землі до висоти 0,5–1,5 м були вкриті епіфітними мохоподібними. Для дослідження було зібрано верхній шар кори з розташованими на ньому дернинками мохів, які утворюють найбільші площі обростання. Всі зібрані дернинки мохів перед трансплантацією було визначено і розділено по видах. Загальну площу дернинок кожного виду було поділено на кількість обраних моніторингових зон, а отримане значення – на кількість ділянок трансплантації.

В результаті було отримано 4 однакових за площею груп дернинок, до складу яких увійшли дернинки трьох обраних видів мохів-трансплантантів. Загальна площа трансплантантів склала 160 см<sup>2</sup> у кожній ділянці трансплантації.

Прикріплення трансплантантів проводили у кожній зоні на стовбурах дерев виду *Acer negundo* L., які трапляються у всіх зонах трансплантації (відстань між ними у всіх зонах становить приблизно 50 метрів) на висоті близько двох метрів. Вибір висоти зумовлено тим, що у приземному шарі атмосфери концентрується більшість шкідливих речовин, що входять до складу викидів промислових підприємств.

Спостереження за трансплантатами необхідно проводити щомісяця. Зразки для проведення оцінки відбирають через три місяці, коли вже проявилися суттєві морфологічні зміни. На основі проведених спостережень та отриманих



результатів морфологічних змін трансплантантів мохів у подальшому здійснюють оцінювання антропогенного навантаження на навколишнє середовище і ступеня забруднення атмосферного повітря м. Запоріжжя.

За основу оцінки антропогенного навантаження було обрано п'ятибальну шкалу, розроблену британським ученим O.L. Gilbert. Він проводив дослідження змін трансплантантів мохів під впливом різних концентрацій двоокису сірки. Дослідником було запропоновано градацію морфологічних змін трансплантантів, виражену в числових значеннях від 5 до 1 балів.

У зв'язку зі специфікою досліджуваної нами території та характером морфологічних змін трансплантантів мохів шкалу градації морфологічних змін було модифіковано:

«5» – дернинки практично без ушкоджень;

«4» – ушкодження (знебарвлення та побуріння) декількох листових пластинок на верхівках гаметофітів;

«3» – відмирання менше ніж половини гаметофітів дернинки;

«2» – відмирання більше ніж половини гаметофітів дернинки;

«1» – всі гаметофіти дернинки пошкоджені або повністю відмерлі.

### Завдання для виконання лабораторної роботи

**Завдання 1.** Оцінити ступінь забруднення атмосферного повітря антропогенно змінених територій міста Запоріжжя із застосуванням трансплантантів мохів. Відомо, що після біологічних досліджень трансплантантів трьох видів мохів на досліджуваних територіях м. Запоріжжя було отримано певні результати щодо морфологічних змін трансплантантів в різних зонах урбоєкосистеми, див. таблиці 12–18.

Результати досліджень необхідно занести до таблиці 11.

**Завдання 2.** За даними, отриманими при проведенні розрахунків, скласти діаграму значень орієнтовного індексу забруднення атмосферного повітря (ІЗА<sub>О</sub>) досліджених зон міста Запоріжжя у порівнянні із контролем, зробити висновки.

Таблиця 11 – Оцінка стану трансплантантів мохів (бали)

Вид моху	Зона 1		Зона 2		Контроль
	Ділянка		Ділянка		
	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	
<i>Leskea polycarpa</i>					
A <sub>М</sub>					
<i>Leptodictium riparium</i>					
A <sub>М</sub>					
<i>Orthotrichum pumilum</i>					
A <sub>М</sub>					
ІЗА <sub>О</sub>					

### Схема виконання:

Оцінку стану атмосферного повітря за допомогою трансплантів мохів проводять за наступною схемою. Згідно до модифікованої шкали проводять оцінку стану трансплантів у всіх зонах. Ступінь ушкодження дернинок визначають візуально. Необхідно оцінювати стан кожної дернинки в кожній із ділянок трансплантації, а потім підраховують середнє значення балу для кожного виду за формулою 23:

$$A_{\text{Д}} = \frac{\sum a}{d}, \quad (23)$$

де  $A_{\text{Д}}$  – середнє значення балу для кожного виду на ділянці трансплантації Д;

$a$  – бал оцінки стану окремої дернинки за модифікованою шкалою;

$\sum a$  – сума балів для всіх дернинок одного виду моху;

$d$  – кількість дернинок даного виду моху.

Потім отримують середнє значення балу оцінки в кожній зоні для кожного виду ( $A_{\text{М}}$ ) за формулою 24.

Таку операцію проводять в кожній зоні трансплантації, а також у контрольній зоні.

$$A_{\text{М}} = \frac{\sum A_{\text{Д}}}{2}, \quad (24)$$

де 2 – кількість ділянок трансплантації.

Далі за формулою 25 було виведено комплексний показник – орієнтовний індекс забруднення атмосферного повітря ( $I_{\text{ЗА}_0}$ ) для кожної з досліджуваних зон (за трьома видами мохів):

$$I_{\text{ЗА}_0} = \sum A_{\text{М}}, \quad (25)$$

### Вихідні дані для аналізу

На основі отриманої п'ятибальної шкали складено оціночну шкалу індексу забруднення атмосферного повітря ( $I_{\text{ЗА}_0}$ ), яка характеризує екологічні умови досліджуваної території на основі морфологічних змін трансплантів мохів.

Під екологічними умовами в даному випадку розуміють ступінь забруднення атмосферного повітря. Кожне значення шкали представляє собою бал п'ятибальної шкали, помножений на 3 – кількість індикаторних видів мохоподібних.

Оціночна шкала індексу забруднення атмосферного повітря ( $I_{\text{ЗА}_0}$ ):

«15» – сприятливі екологічні умови;

«14–12» – нормальні екологічні умови;

- «11–9» – субнормальні екологічні умови;  
 «8–6» – несприятливі екологічні умови;  
 «5–3» – край несприятливі екологічні умови.

Таблиця 12 – Морфологічні зміни трансплантантів моху *Leskea polycarpa* в Центральному парку культури та відпочинку «Дубовий Гай»

Зона 1		Контроль
Ділянка		
A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	
знебарвлення та побуріння декількох листових пластинок на верхівках гаметофітів виявили у 5 особин	знебарвлення та побуріння декількох листових пластинок на верхівках гаметофітів виявили у 4 особин	всі 12 дернинок були без ушкоджень
дернинки практично без ушкоджень виявили у 6 особин	дернинки практично без ушкоджень виявили у 8 особин	
відмирання менше ніж половини гаметофітів дернинки виявили у 1 особини		

Таблиця 13 – Морфологічні зміни трансплантантів моху *Leskea polycarpa* санітарно-захисної зони металургійного заводу ПАТ «Запоріжсталь»

Зона 2		Контроль
Ділянка		
A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	
всі гаметофіти дернинки пошкоджені або повністю відмерлі виявили у 5 особин	знебарвлення та побуріння декількох листових пластинок на верхівках гаметофітів виявили у 5 особин	всі 12 дернинок були без ушкоджень
відмирання більше ніж половини гаметофітів дернинки виявили у 5 особин	дернинки практично без ушкоджень виявили у 6 особин	
відмирання менше ніж половини гаметофітів дернинки виявили у 2 особин	відмирання менше ніж половини гаметофітів дернинки виявили у 1 особини	

Таблиця 14 – Морфологічні зміни трансплантантів моху *Leptodictium riparium* санітарно-захисної зони металургійного заводу ПАТ «Запоріжсталь»

Зона 2		Контроль
Ділянка		
A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	
всі гаметофіти дернинки пошкоджені або повністю відмерлі виявили у 2 особин	знебарвлення та побуріння декількох листових пластинок на верхівках гаметофітів виявили у 2 особин	всі 12 дернинок були без ушкоджень
відмирання більше ніж половини гаметофітів дернинки виявили у 2 особин	дернинки практично без ушкоджень виявили у 2 особин	
відмирання менше ніж половини гаметофітів дернинки виявили у 5 особин	відмирання менше ніж половини гаметофітів дернинки виявили у 6 особини	
знебарвлення та побуріння декількох листових пластинок на верхівках гаметофітів виявили у 1 особини	всі гаметофіти дернинки пошкоджені або повністю відмерлі виявили у 2 особин	
дернинки практично без ушкоджень виявили у 2 особин		

Таблиця 15 – Морфологічні зміни трансплантантів моху *Leptodictium riparium* в Центральному парку культури та відпочинку «Дубовий Гай»

Зона 1		Контроль
Ділянка		
A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	
знебарвлення та побуріння декількох листових пластинок на верхівках гаметофітів виявили у 2 особин	знебарвлення та побуріння декількох листових пластинок на верхівках гаметофітів виявили у 5 особин	всі 12 дернинок були без ушкоджень
дернинки практично без ушкоджень виявили у 9 особин	дернинки практично без ушкоджень виявили у 3 особин	
відмирання менше ніж половини гаметофітів дернинки виявили у 1 особини	відмирання менше ніж половини гаметофітів дернинки виявили у 4 особин	

Таблиця 16 – Морфологічні зміни трансплантантів моху *Orthotrichum pumilum* в Центральному парку культури та відпочинку «Дубовий Гай»

Зона 1		Контроль
Ділянка		
A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	
знебарвлення та побуріння декількох листових пластинок на верхівках гаметофітів виявили у 5 особин	знебарвлення та побуріння декількох листових пластинок на верхівках гаметофітів виявили у 6 особин	всі 12 дернинок були без ушкоджень
дернинки практично без ушкоджень виявили у 7 особин	дернинки практично без ушкоджень виявили у 2 особин	
	відмирання менше ніж половини гаметофітів дернинки виявили у 2 особин	
	всі гаметофіти дернинки пошкоджені або повністю відмерлі виявили у 1 особини	
	відмирання більше ніж 50% гаметофітів виявили у 1 особини	

Таблиця 17 – Морфологічні зміни трансплантантів моху *Orthotrichum pumilum* санітарно-захисної зони металургійного заводу ПАТ «Запоріжсталь»

Зона 2		Контроль
Ділянка		
A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	
всі гаметофіти дернинки пошкоджені або повністю відмерлі виявили у 1 особини	всі гаметофіти дернинки пошкоджені або повністю відмерлі виявили у 4 особин	всі 12 дернинок були без ушкоджень
відмирання більше ніж половини гаметофітів дернинки виявили у 1 особини	відмирання більше ніж половини гаметофітів дернинки виявили у 5 особин	
відмирання менше ніж половини гаметофітів дернинки виявили у 5 особин	відмирання менше ніж половини гаметофітів дернинки виявили у 3 особин	
знебарвлення та побуріння декількох листових пластинок на верхівках гаметофітів виявили у 3 особин		
дернинки практично без ушкоджень виявили у 2 особин		

**Контрольні питання:**

1. Що ми розуміємо під поняттям «якість атмосферного повітря»?
2. Дайте наукове визначення терміну «біоіндикація».
3. Розкрийте суть методів біоіндикації, їх переваги та недоліки.
4. Поясніть, у чому полягають переваги мохоподібних, як біоіндикаторів якості атмосферного повітря?
5. Поясніть, у чому полягає суть методу біоіндикації?
6. Поясніть, у чому полягає принцип обробки експериментальних даних?

**Розділ 2****ВОДНЕ СЕРЕДОВИЩЕ МІСЬКИХ ЕКОСИСТЕМ****ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 5**

**Тема:** Водне середовище міста.

**Мета:** ознайомитися із складом забруднюючих речовин, що потрапляють із поверхневим стоком міст Запорізької області до поверхневих водних об'єктів регіону.

**Обладнання та матеріали:** таблиці із даними щодо складу забруднюючих речовин та їх концентрацій, які містяться в поверхневому стоці міських територій, підручники, посібники, конспекти лекцій, калькулятор.

**План вивчення теми**

- 1) Водні об'єкти міста та їх використання.
- 2) Головні водокористувачі в місті.
- 3) Забруднення водного середовища урбоекосистем.
- 4) Поверхневий стік та його характеристика.
- 5) Склад стічних вод міських територій.

**Питання до самопідготовки:**

1. Джерела забруднення водних об'єктів міста.
2. Малі річки урбанізованих територій.
3. Чинники якості та екологічного стану водних об'єктів.
4. Підземні води на урбанізованих територіях.
5. Екологічна характеристика водних об'єктів міських територій.

**Теоретичні відомості**

Вода – це один із природних ресурсів, без якого неможливе життя і діяльність людини. Міські поселення здавна виникали по берегах річок і озер, які служили джерелом водопостачання, а часто і зручним транспортним шляхом. Найбільше значення в житті та господарській діяльності людини мають поверхневі води. Водні об'єкти в межах міської території є містоутворюючим чинником. Уздовж них і навколо формуються житлові

квартали, будується орієнтація вулиць і проїздів. Міські водойми і водотоки мають естетичне значення і використовуються для рекреації. На судноплавних річках і каналах, в приморських містах розташовуються порти. Завдяки комфортному мікроклімату і привабливій естетиці міські набережні є найпрестижнішим районом розселення, улюбленим місцем прогулянок городян. Із зростанням благоустрою міст водойми і водотоки, розташовані в міській межі, набувають все більш важливого архітектурно-планувального, рекреаційного і естетичного значення.

До водних об'єктів, що розташовані у межах урбанізованої території, належать водотоки, водойми і підземні води. Водотоки підрозділяють на річки, струмки, канали. Річки – це водні потоки, що течуть постійно або більшу частину року по поверхні суші в розроблених ними долинах, які живляться стоком атмосферних опадів зі свого водозбору. Залежно від площі водозбірного басейну річки поділяють на малі (до 2 тис. км<sup>2</sup>), середні (2–50 тис. км<sup>2</sup>) і великі (понад 50 тис. км<sup>2</sup>). Стрімкий розвиток інфраструктури міст призводить до того, що русла багатьох малих річок, що протікають по території міста, спрямляють і переводять у підземні, де вони течуть по колекторах.

За функціональним призначенням міські водні об'єкти поділяють на:

- природні;
- природно-рекреаційні;
- рекреаційні для купання;
- декоративні;
- технічні (ставки-регулятори, відстійники).

Приналежність до того або ін. виду використання водойми визначається її місцеположенням у місті (природні комплекси, селітебна територія), походженням (природні, штучні), ступенем проточності, водообміном, якісним складом. При багатофункціональному використанні визначається головний вид водокористування, відповідно до якого до водойми пред'являються вимоги щодо якісного складу води.

Вода надзвичайно широко використовується людиною. Вона є продуктом безпосереднього споживання й у великій кількості витрачається на господарсько-побутові і санітарно-гігієнічні потреби. Як носій тепла вода використовується для обігрівання житлових приміщень, виробничих, навчальних, адміністративних та інших будівель.

У промисловому і сільськогосподарському виробництвах вода використовується для різних потреб. Вона є складовою частиною продукції, що виробляється, розчинником, засобом обробки та транспортування сировини і готової продукції, охолоджувачем нагрітих агрегатів і механізмів. Важливе значення має вода в технології виробництва електроенергії і у функціонуванні водного транспорту. Не менш важливе її значення для відпочинку, туризму, спорту і лікування населення.

Розташовані в міській межі водотоки і водойми використовують головним чином для рекреації – купання, відпочинку на березі, катання на човнах, рибальства. Місця рекреації, а також правила поведінки на воді

встановлюються місцевою адміністрацією. Якість води в районі пляжів повинна відповідати нормам і вимогам комунально-побутового водокористування. Контроль якості води водних об'єктів, що використовуються для рекреації, здійснює місцева санепідемслужба.

Судноплавні водні об'єкти призначені для проходження і стоянки в портах суден й ін. плавучих засобів. Спеціальні правила для користування маломірним моторним флотом встановлюються місцевою адміністрацією. Вони направлені на захист здоров'я відпочиваючих і охорону вод від забруднення. На судноплавних річках, озерах і водосховищах умови проходження і стоянки суден, а також ін. плавзасобів, включаючи заходи по охороні вод від забруднення і засмічення, визначаються законодавством.

Скид стічних вод у водні об'єкти в межах міської межі, згідно законодавству, заборонений. Стічні води відводять на загальноміські очисні споруди, скид з яких в річку розташований за межами міста. У разі скиду стічних вод в міські річки склад скидних вод в місці випуску повинен відповідати якості води водних об'єктів комунально-побутового водокористування.

Поверхневий стік, що формується на території міст і промислових майданчиків, є суттєвим джерелом забруднення і засмічення поверхневих водних об'єктів. В міських умовах він може призвести до затоплення низин, підвальних приміщень і вулиць та порушення руху по них, викликати зменшення несучої здатності ґрунтів, активізувати небезпечні геологічні процеси на міських територіях.

Поверхневий стік включає дощові, снігові (талі), поливні та мийні стічні води. Основними джерелами забруднення поверхневого стоку на урбанізованих територіях є:

- сміття, змите з поверхні покриттів;
- продукти ерозії ґрунтових поверхонь;
- продукти руйнування дорожніх покриттів;
- викиди речовин в атмосферу промисловими підприємствами, автотранспортом, тепловими електростанціями, котельнями;
- втрати сипких і рідких продуктів, сировини, напівфабрикатів при навантаженні і розвантаженні;
- нафтопродукти, пролиті на поверхні покриттів (нафтобази, аеродроми, миття автомобілів у непризначених для цього місцях);
- майданчики для збирання побутового сміття.

Найвищий рівень забруднення поверхневого стоку спостерігається з територій крупних торгових центрів, автомагістралей з транспортних підприємств, невпорядкованих будівельних майданчиків.

Формування поверхневого стоку відбувається під впливом комплексу природних (атмосферні опади, випаровування, інфільтрація, затримання вологи рослинами) і антропогенних (використання водозбірної території, улаштування штучних покриттів і технологія їх миття, організація водозбірних робіт) чинників. Специфічні особливості поверхневого стоку, пов'язані з



епізодичністю його надходження, різкими змінами витрати і рівня забруднення, мінливістю складу забруднюючих речовин, значно утруднюють контроль і регламентацію його надходження в міські системи водовідведення або у водні об'єкти.

Поверхневий стік буває організованим і неорганізованим. Організований поверхневий стік збирається з водозбірної території за допомогою спеціальних лотків і каналів і надходить у мережу каналізації або безпосередньо у водний об'єкт через випуски зливових вод. Неорганізований поверхневий стік стікає у водний об'єкт по рельєфу місцевості.

Контроль складу поверхневого стоку здійснюють шляхом аналізу проб, які відбирають з дощової мережі. Для дощових вод інтервал між відбором проб на початку дощу дорівнює 5–10 хв., а в подальший період 20–30 хвилин. Дані про склад дощових вод одержують за результатами аналізу усередненої за період дощу проби. Проби відбирають через рівні проміжки часу, а об'єми проб, що послідовно відбираються, є пропорційними витраті дощових вод. Для снігових вод проби відбирають у дні сніготанення між 12 і 14 годинами з інтервалом у 30 хвилин.

Оцінку виносу речовин з поверхневим стоком проводять на основі орієнтовних даних про його склад і кількість. Для організованого поверхневого стоку використовують дані вимірювань витрати скидних вод і результати аналізу проб. Для неорганізованого поверхневого стоку, а також при неможливості організувати необхідні вимірювання, витрату поверхневого стоку визначають розрахунковим шляхом, а концентрації речовин у ньому – приймають на підставі узагальненої кількісної характеристики кожної складової поверхневого стоку з міських територій, які наведені в таблиці 18.

Таблиця 18 – Узагальнені дані про склад поверхневого стоку з території міста

Показники	Концентрація деяких речовин у стічних водах, г/м <sup>3</sup>		
	дощові води	снігові води	поливні води
Завислі речовини	1000–2000	2000–4000	3000–5000
Мінеральний склад	300	–	–
ХСК	400–600	750–1500	–
БСК <sub>5</sub>	50–100	100–300	200 (БСК <sub>пов.</sub> )
Нафтопродукти	10–15	30–40	–

Для поверхневого стоку характерна епізодичність його надходження, мінливість витрати і рівня забруднення. Серед забруднювачів переважають завислі речовини.

Вміст завислих речовин у поверхневому стоку залежить від стану і характеру міської території (табл. 19). Найбільший рівень забруднення спостерігається на будівельних майданчиках та на територіях торгівельних центрів.

Склад поверхневого стоку з території промислових підприємств визначається характером основних технологічних процесів, технічним рівнем

технології виробництва, ефективністю роботи систем пило- і газозуловлювання, організацією складування і транспортування сировини і відходів виробництва, санітарним станом території.

Таблиця 19 – Вміст завислих речовин у поверхневому стоку з території міста в залежності від типу міської території

Тип міської території	Вміст завислих речовин, г/м <sup>3</sup>	
	дощовий стік	сніговий стік
Сучасна житлова забудова	1400–1500	2500
Недостатньо упоряджені території з переваженням садибної забудови	1800–2500	2000
Центральні райони міста, що упорядковані, з інтенсивним дорожнім рухом	1700–2200	3000
Житлова забудова з високим рівнем благоустрою і регулярного механізованого прибирання дорожніх покриттів	300–1000	відсутність через вивіз снігу
Райони, що включають промислові підприємства і житлові квартали	1700–2500	4000
Будівельні майданчики, житлові райони на території схильної до ерозії	4000–6000	–

### Завдання до виконання лабораторної роботи

**Завдання 1.** Визначити кількість речовин, що потрапляють до водного об'єкту з поверхневим стоком для деяких міст Запорізької області виходячи із даних таблиці 20.

Таблиця 20 – Середні показники складу поверхневого стоку з території урбоєкосистем

Місто	Води	Площа, (тис. км <sup>2</sup> )	Концентрація деяких речовин у стічних водах, г/м <sup>3</sup>				
			завислі речовини	Мінералізація	Нафто-продукти	ХСК	БСК <sub>5</sub>
Запоріжжя	дощові	0,236	2000	300	15	600	100
	снігові		4000	350	40	1500	300
	поливні		5000	350	10	300	150
Бердянськ	дощові	0,083	1500	250	15	500	80
	снігові		2500	200	25	1200	120
	поливні		3500	240	10	250	100
Мелітополь	дощові	0,04	1100	250	15	450	90
	снігові		2100	230	30	1000	110
	поливні		3100	245	15	300	100
Токмак	дощові	0,032	900	200	5	400	50
	снігові		1800	160	20	750	100
	поливні		2500	180	3	200	80

### Вихідні дані для аналізу

Для того щоб визначити кількість речовин, що потрапляють до водного об'єкту з поверхневим стоком необхідно знати його склад та витрати.

1. Об'єм дощових або снігових вод за рік розраховується за формулою:

$$W = 10 \times z \times F \times H, \text{ м}^3/\text{рік}, \quad (26)$$

де  $z$  – коефіцієнт стоку дощових або снігових вод, який може бути у межах 0,3–0,4 та 0,5–0,7 відповідно;

$F$  – площа водозбірної території, га;

$H$  – шар опадів за досліджений період у мм.

2. Об'єм поливних стічних вод визначається за формулою:

$$W = 10 \times m \times k \times F_m \times z, \text{ м}^3/\text{рік}, \quad (27)$$

де  $m$  – витрати води на мийку одиниці площі, л/м<sup>2</sup>;

$k$  – кількість мийок за рік;

$F_m$  – площа оброблювальних покриттів, га;

$z$  – коефіцієнт стоку поливних стічних вод.

Значення всіх параметрів формули (27) визначають враховуючи наступні нормативи:

- 1) на мийку 1 м<sup>2</sup> площі витрачається від 1,2 до 1,5 літрів води;
- 2) кількість мийок для умов міста складає від 50 до 150 у рік;
- 3) площа оброблювальних покриттів складає 20% від усієї території міста;
- 4) коефіцієнт стоку поливних вод дорівнює 0,6.

### Контрольні питання:

1. Поясніть, якими водними об'єктами представлене водне середовище міста?
2. Поясніть, яке значення має вода для урбанізованих систем?
3. Поясніть, яким чином утворюються атмосферні стічні води?
4. Поясніть, з якою метою вивчають склад стічних вод?
5. Поясніть, з якою метою організовують відведення поверхневого стоку з території міста?
6. Поясніть, які заходи використовують для охорони поверхневих і підземних вод?

### ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 6

**Тема:** Зони санітарної охорони джерел водопостачання.

**Мета:** оцінити екологічний стан Каховського водосховища до якого

потрапляють стічні води промислових міст Запорізького регіону.

**Обладнання та матеріали:** таблиці із даними щодо деяких небезпечних речовин, що скидаються до Каховського водосховища, підручники, посібники, конспекти лекцій, калькулятор.

### **План вивчення теми**

- 1) Загальна характеристика зон санітарної охорони.
- 2) Санітарна охорона відкритих джерел питного водопостачання.
- 3) Санітарна охорона підземних джерел питного водопостачання.
- 4) Санітарна охорона міських джерел.

### **Питання до самопідготовки:**

1. Якість води, показники її якості.
2. Забруднення підземних вод міських територій.
3. Забруднення поверхневих вод міських територій.
4. Чинники якості та екологічного стану водних об'єктів.
5. Вплив міської забудови на структуру водозбірної площі в процесі освоєння території.

### **Теоретичні відомості**

Джерела питного водопостачання використовують лише при можливості створення навколо них зон санітарної охорони.

*Зона санітарної охорони (ЗСО)* – спеціально виділена територія, яка пов'язана з джерелом водопостачання і головними водозабірними та водопідготовчими спорудами, в межах якої створюється особливий режим, що усуває або обмежує можливість забруднення і погіршення якості води в ньому та забезпечує збереження гідротехнічних споруд.

#### ***Санітарна охорона відкритих джерел питного водопостачання.***

Зона санітарної охорони джерел водопостачання із поверхневих водотоків і водойм влаштовується в цілях забезпечення надійної санітарно-епідеміологічної обстановки. Вона складається з трьох поясів: першого – суворого режиму, другого і третього – режимів обмеження.

*Перший пояс* охоплює територію, на якій розташоване саме джерело водопостачання, водозабірні, водопідйомні й очисні споруди (головні споруди), а також запасні та напірні резервуари. Розміри цього поясу встановлюються залежно від місцевих топографічних і гідрологічних умов, але в усіх випадках його межі мають бути вище від водозабору (вгору за течією) на 200 м, а нижче за течією – не менше 100 м, по берегу – не менше 100 м від урізу води, до протилежного берега – не менше 100 м по акваторії, а при ширині річки менше 100 м – вся акваторія і 50 м від урізу води углиб протилежного берега. Для водойми – в радіусі 100 м від водозабору по акваторії і берегу.

Уся територія першого поясу є територією суворого режиму, її сплановують, озеленюють і огороджують. На акваторії встановлюють

попереджувальні буї. В межах цього поясу можуть знаходитися тільки будівлі і споруди, пов'язані з експлуатацією водопроводу.

На території цього поясу забороняється проживання і тимчасове перебування людей, які не пов'язані з роботою на гідротехнічних спорудах, а також ведення будівництва, що не має відношення до водозабору, водоочистки та водоподачі. Усі споруди в межах поясу мають бути обов'язково каналізованими. На цій території не дозволяється випускати стічні води і використовувати воду для спортивно-масових і побутових цілей. Поверхневий стік відводиться у водотік нижче за течією. Територія охороняється, доступ сторонніх осіб заборонений.

Межі *другого поясу* встановлюються з урахуванням наявності джерел забруднення водного об'єкта стійкими хімічними речовинами, тобто територія поясу має забезпечувати чистоту води в місці водозабору. Верхня межа поясу встановлюється з урахуванням самоочисної здатності водотоку при витраті води 95%-ї забезпеченості і при протіканні води від межі поясу до водозабору впродовж 3–5 діб. Нижня межа поясу встановлюється на відстані не менше 250 м від водозабору. Бокові межі встановлюються залежно від рельєфу: від урізу води при літньо-осінній межені на 500 м при рівнинному рельєфі, при гірському рельєфі – до вершини першого схилу, поверненому до джерела водопостачання, але не більше 750 м при пологому схилі і 1000 м – при крутому. Для водойми межі другого поясу встановлюють в радіусі не менше трьох км від водозабору, а по берегу – так само, як і для водотоку.

У другому поясі забороняється використання території або джерела водопостачання, яке може спричинити якісне або кількісне погіршення води. За особливим дозволом органів державного санітарного нагляду може проводитись будівництво, вирубування насаджень, прокладання залізниць або автомобільних доріг, використання земельних ділянок і ставків для сільськогосподарських потреб, проведення спортивних заходів, купання.

У прибережній смузі завширшки не менше 300 м забороняється застосовувати пестициди, органічні та мінеральні добрива, а у прибережній смузі завширшки 100 м від урізу води при літньо-осінній межені – випасання худоби.

Межі *третього поясу* вгору і вниз за течією встановлюються такі самі, як і для другого поясу, по берегу вони становлять 3–5 км від урізу води. У цьому поясі органами охорони здоров'я проводиться спеціальний облік інфекційних захворювань, які можуть поширитися через водопровід, та обов'язкове епідеміологічне обстеження кожного окремого випадку таких захворювань; здійснюються й інші заходи по попередженню забруднення джерела водопостачання, враховуючи місцеві умови.

### **Санітарна охорона підземних джерел питного водопостачання.**

Для підземних джерел також встановлюється ЗСО, яка поділяється на три пояси, в кожному з яких встановлюється особливий режим.

*Перший пояс* – зона суворого режиму – призначений для захисту устя свердловини і водопровідних споруд. Територія першого поясу встановлюється розміром близько 0,25 га навколо свердловини. Радіус зони суворого режиму

складає не менше 50 м для свердловин, що розкривають незахищені підземні води (грунтові), і не менше 30 м для свердловин, що експлуатують захищені (артезіанські) підземні води. У сприятливих гідрогеологічних і санітарно-технічних умовах за узгодженням з органами санітарно-епідеміологічної служби радіуси можуть бути зменшені удвічі – 25 м у разі незахищених і 15 м у разі захищених водоносних горизонтів.

При експлуатації інфільтраційних споруд (штучне поповнення підземних вод) межі ЗСО влаштовують на відстані не менше 50 м від каптажних споруд закритого типу (свердловини, шахтні колодязі) і не менше 100 м від споруд відкритого типу (канали, басейни).

Для берегових водозаборів (інфільтраційних) в зону суворого режиму включається територія між водозабором і поверхневою водоймою, якщо вона має протяжність не більше 150 м.

Для підруслових водозаборів зона суворого режиму встановлюється такою ж, як і для водозаборів з поверхневих водойм.

Територію першого поясу зони санітарної охорони огорожують, захищають смугою зелених насаджень (або парканом) і охороняють. Її планують таким чином, щоб води поверхневого стоку виводились за її межі. Тут забороняється зводити будинки та інші будівлі, які не мають безпосереднього відношення до експлуатації водозабірних і водопровідних споруд. Будь-яка діяльність, не пов'язана з водопровідним господарством, в її межах забороняється.

*Другий пояс* або зона обмежень охоплює територію, використання якої обмежується з метою уникнення несприятливого впливу на водоносний горизонт, що експлуатується, і захисту його від мікробного забруднення. Межі цього поясу визначаються розрахунковим шляхом. При розрахунку розмірів другого поясу ЗСО вихідним є час, необхідний для втрати патогенними організмами життєздатності, яке для умов ґрунтових вод становить 400 діб, а для міжпластових вод – 100–200 діб. Розміри другого поясу залежать також від величин водовідбору, проникності й активної пористості порід.

Зазвичай радіус зони другого поясу дорівнює 250–300 м. У разі, коли встановлений зв'язок водоносного горизонту з відкритими водними об'єктами, частина останніх також включається до другого поясу.

На території другого поясу обмежується будь-яка діяльність, яка може спричинити бактеріальне забруднення підземних вод, – в першу чергу розміщення звалищ, туалетів, вигрібних ям, органічних добрив і т. ін. На території другого поясу проводяться заходи для запобігання забруднення води у водоносному горизонті: ліквідують тампонажем або відновлюють усі старі недіючі, дефектні свердловини та ті, що неправильно використовуються; проводять благоустрій населених пунктів; не допускають забруднення водних об'єктів і території будь-якими забруднювачами; будівельні роботи можуть здійснюватися лише з дозволу органів санітарного нагляду. Ця територія не огорожуються.

*Третій пояс* ЗСО також є зоною обмежень, призначеною для запобігання хімічного забруднення підземних вод на увесь термін роботи водозабору. Якщо

термін спеціально не встановлений, то при розрахунках розмірів третього поясу час дії водозабору приймається рівним 25 рокам. На території цього поясу обмежується діяльність, пов'язана із зберіганням, використанням і внесенням в ґрунт хімічних речовин, які можуть погіршити якість підземних вод.

### **Санітарна охорона міських джерел.**

Для джерел, розташованих у межах міських територій, у яких зберіглася природна якість води, передбачають спеціальні охоронні заходи: обладнання каптажів і організацію зон санітарної охорони. Такі зони призначені для запобігання забруднення підземних вод в місці їх виходу. Вони складаються з трьох поясів.

Оскільки джерельні води за ступенем природної захищеності можуть бути порівняні до ґрунтових вод, тому виділяють такі пояси:

- *перший пояс* – зона суворого режиму – повинен мати радіус не менше 50 м.
- *другий пояс* – зона обмежень, призначена для захисту від бактеріального забруднення, – її визначають розрахунком. Розміри поясу, залежно від фільтраційних властивостей водонесучих і перекриваючих порід, а також від дебіту джерела можуть варіювати від десятків до декількох сотень метрів.
- *третій пояс* – належить також до зони обмежень і призначений для захисту від хімічного забруднення, так само визначається розрахунковим шляхом. Розміри його залежать від терміну експлуатації і при достатньо тривалому терміні досягають меж зони живлення водоносного горизонту.

Значне використання поверхневих і підземних вод зумовило значне збільшення об'ємів стічних вод, які скидаються у водотоки та водойми. Для запобігання погіршення якості води у водних об'єктах стічні води, які вміщують розчинні і нерозчинні домішки і забруднення, перед скиданням очищають до такого ступеня, щоб якість води у водоймі, до якої вони надходять відповідала рівню першого класу, тобто придатною як джерела питного водопостачання.

Втручання людини у розвиток природних комплексів порушило рівновагу, що склалася за багато років. Якщо у минулому населені пункти «притискалися» до річок, а вододільні простори залишалися незайманими, то в сучасному місті виникла протилежна ситуація. Місто майже повністю освоїло вододіли, перетворивши їх на житлову забудову і промислові зони. В процесі освоєння територій під міську забудову корінним чином змінюється водозбірна площа – вирубуються ліси, засипаються малі струмки і річки, спрямляються русла середніх і великих річок, що відбивається на природних процесах формування режиму як поверхневого, так і підземного стоку. Із збільшенням площі твердих покриттів (дороги, майдани, тротуари), штучно ущільнених ґрунтів на території міста відбувається перерозподіл поверхневого і підземного стоку, де частка поверхневого стоку з водонепроникних покриттів зростає, а підземного, відповідно, зменшується, що може бути причиною підтоплення міських територій. Інтенсивна забудова берегів і численні мости звужують заплаву

річки, внаслідок чого висока вода виходить з берегів. Різниця між горизонтами води, що підіймається за межами міста, і в межі міста може досягати двох метрів. При цьому може збільшуватися і частота повторювання великих повеней (до одного разу на 10 років). Непоодинокі випадки, коли русла річок, що попадали під забудову, повністю або частково забиралася в підземні колектори (наприклад, р. Либідь та її притоки в м. Києві), інші перегороджувалися дамбами і перетворювалися на ланцюжок ставків, які з часом заповнювалися наносами.

### **Завдання до виконання лабораторної роботи**

**Завдання.** Проаналізувати санітарний стан води Каховського водосховища за гідрохімічними показниками. Зробити висновок щодо можливості скиду стічних вод у даний водний об'єкт. Відомо, що до водосховища у продовж доби скидається в середньому  $65187,3 \text{ м}^3$  забруднених стічних вод. Також відомо, що середні витрати води у водосховищі складають у весняний період –  $1,37 \text{ м}^3/\text{с}$ , а в літній період –  $0,63 \text{ м}^3/\text{с}$ , а коефіцієнт змішування для всіх небезпечних речовин дорівнює 0,8.

### **Вихідні дані аналізу**

Контроль та управління якістю води у водних об'єктах передбачає рішення наступних задач.

1. Визначення необхідного ступеня очистки (зnezараження) стічних вод;
2. Визначення ступеня розбавлення стічних вод, для того щоб у пункті водокористування домішки розсіювалися до безпечних концентрацій;
3. Прогнозування якості води на певну перспективу.

Рівняння перемішування стічних вод з поверхневими водними об'єктами має наступний вигляд:

$$q \times C_{\text{ст}} + \gamma \times Q \times C_{\text{р}} = (q + Q) \times C_{\text{пшв}}, \quad (28)$$

де  $Q$  – витрати води у водотоці  $\text{м}^3/\text{с}$ ;

$q$  – витрати стічних вод  $\text{м}^3/\text{с}$ ;

$C_{\text{р}}$  – фонові концентрації небезпечної речовини у водотоці;

$C_{\text{ст}}$  – концентрація небезпечної речовини у стічних водах;

$\gamma$  – коефіцієнт перемішування води;

$C_{\text{пшв}}$  – концентрація небезпечної речовини перед розрахунковим пунктом водокористування (в 1 км вище за течією).

Для прогнозування санітарного стану води при всіх заданих параметрах, необхідно розрахувати  $C_{\text{пшв}}$  та порівняти цей показник з встановленим для даної речовини ГДК. Якщо  $C_{\text{пшв}} \leq \text{ГДК}$ , то прогноз сприятливий й заходи щодо очищення та розбавлення стічних вод достатні. В іншому випадку, необхідно приймати заходи щодо зменшення кількості стічних вод або концентрації в них небезпечних речовин.



У стічних водах, що скидаються до водосховища були виявлені наступні речовини: азот амонійний, азот нітритний, азот нітратний, фосфати, сульфати та хлориди. Концентрації цих речовин наведені у таблиці 21.

Таблиця 21 – Концентрації деяких небезпечних речовин, що скидаються до Каховського водосховища

Концентрація небезпечних речовин, мг/л	Фонова	У стічних водах	ГДК <sub>1</sub>	ГДК <sub>2</sub>
Азот амонійний	0,26	3,81	2,0	2,5
Азот нітритний	0,057	0,54	3,3	0,1
Азот нітратний	2,76	5,48	45,0	2,5
Фосфати	0,44	1,32	3,5	0,3
Сульфати	62,20	311,80	500,0	300,0
Хлориди	28,54	95,62	350,0	300,0

Примітка. ГДК<sub>1</sub> – гранично допустима концентрація небезпечних речовин у водоймах господарсько-питного та культурно-побутового призначення (ГОСТ 2874-82); ГДК<sub>2</sub> – гранично допустима концентрація небезпечних речовин у водоймах (Романенко В. Д., Жукинський В. М., Оксіюк О. П. та ін. Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями. Київ : Символ-Т, 1998. 28 с.).

### Контрольні питання:

1. Опишіть процеси, які пов'язані з антропогенною дією на підземні води у містах.
2. Поясніть, як класифікують споживачів води?
3. Поясніть, що розуміють під поняттям «якість води»?
4. Назвіть основні групи показників якості води.
5. Поясніть, які вимоги ставляться до якості господарсько-питної води?
6. Дайте характеристику основним процесам, які застосовують для підготовки питної води.

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 7

**Тема:** Загальноміські очисні споруди та методи очищення стічних вод.

**Мета:** вивчити особливості біологічного очищення господарсько-побутових стічних вод в умовах загальноміських очисних споруд.

**Обладнання та матеріали:** табличні дані щодо основних параметрів типових аеротенків-змішувачів, підручники, посібники, конспекти лекцій, калькулятор.

### План вивчення теми

- 1) Загальноміські очисні споруди та їх характеристика.
- 2) Механічні методи очищення стічних вод.

- 3) Біохімічні методи очищення стічних вод.
- 4) Фізико-хімічні методи очищення стічних вод.
- 5) Хімічні методи очищення стічних вод.

#### **Питання до самопідготовки:**

1. Очищення води за допомогою біоплівки.
2. Мікроорганізми та біоценози, що забезпечують очищення стічних вод.
3. Очищення стічних вод за принципом біоконвеєра.
4. Очисні споруди типу біоплато.
5. Самоочищення водних об'єктів та процеси евтрофікації поверхневих вод.

#### **Теоретичні відомості**

Стічними називаються води, які використані на виробничі або побутові потреби, одержали при цьому додаткові домішки (забруднення), що змінили їх первісний хімічний склад або фізичні властивості, і підлягають видаленню з населених пунктів і промислових підприємств. До стічних належать також води, які стікають з територій міст і промислових підприємств у результаті випадання дощів, танення снігу та поливання вулиць.

Залежно від походження, виду та якісних характеристик домішок стічні води бувають виробничі (промислові), побутові (господарсько-фекальні), сільськогосподарські та атмосферні.

До виробничих або промислових стічних вод належать води, які використані у різних технологічних процесах і не відповідають вимогам, що ставляться до їх якості. До таких вод належать також води, що використовуються на ТЕС і АЕС та відкачуються на поверхню при видобуванні корисних копалин.

До побутових належать стічні води, які надходять із житлових, громадських, адміністративних, учбових, лікувальних, комунальних, торгівельних будівель і побутових приміщень промислових підприємств.

Характеристикою стічних вод є концентрація забруднень, тобто кількість забруднень в одиниці об'єму води, яка виражається у мг/л або у г/м<sup>3</sup>. Концентрація забруднень залежить від походження вод і змінюється у часі. Так, у комунальних стічних водах найбільшою вона є увечері і вранці, а найменша – вночі. Промислові стічні води характеризуються досить рівномірною концентрацією забруднень протягом робочого дня, за винятком підприємств, технологія виробництва яких вимагає залпових випусків, при яких різко збільшується концентрація забруднень.

Залежно від кількості забруднюючих домішок стічні води поділяють на:

- 1) *слабозабруднені*, в яких показники якості води перевищують природні (фонові) значення, але нижчі за ГДК для води певного виду використання;
- 2) *забруднені* – показники перевищують ГДК у декілька разів;
- 3) *сильнозабруднені* – показники суттєво перевищують ГДК і близькі до показників складу розчину в джерелі забруднення.

Забруднення, що надходять у стічні води, за фізичним станом бувають нерозчинні, колоїдні та розчинні. Крім цього, їх поділяють на мінеральні, органічні, бактеріальні і біологічні.

Мінеральні забруднення включають пісок, глину, шлак, різні руди, розчини мінеральних солей, кислот і лугів, мінеральні масла тощо. Ці речовини містяться в стічних водах машинобудівних, металургійних, нафтових, нафтопереробних, будівельних та інших виробництв.

Органічні забруднення бувають рослинного і тваринного походження. До рослинних належать рештки рослин, плодів, овочів, паперу, рослинні масла тощо. Основною хімічною речовиною цього виду забруднення є карбон. До складу забруднень тваринного походження належать фізіологічні виділення тварин, рештки жирових і м'язових тканин, клейові речовини та ін. Вони містять велику кількість азоту. Органічні забруднення є у міських комунальних стоках, у стічних водах целюлозно-паперових, миловарних, шкіряних, м'ясопереробних, пивоварних, харчових та ін. підприємств.

Співвідношення між мінеральними і органічними речовинами у стічних водах залежить від багатьох факторів, зокрема від масштабів і специфіки виробництв, категорії населених пунктів, особливостей каналізації тощо. Зазвичай мінеральних речовин буває приблизно 40%, а органічних – близько 60%.

Технологія обробки стічних вод повинна забезпечити заданий ступінь очистки при мінімальних затратах. У залежності від необхідного ступеня очистки стічних вод і подальшого використання очищених вод можуть бути розглянуті різноманітні технологічні схеми. Традиційною для очистки побутових стічних вод є двоступінчаста схема, що включає в себе механічну й біологічну очистку. Підвищенні вимоги до охорони оточуючого середовища і створення умов для використання очищених стічних вод в промисловості і сільському господарстві обумовили необхідність розробки технологічних схем з глибокою очисткою біологічно очищених стічних вод.

Очищують побутові стічні води механічним та біохімічним способами, бактерії знищують знезаражуванням (дезінфекцією).

Очищення стічних вод здійснюють на загальноміських очисних спорудах (рис. 1). Пропускна здатність і ефективність їх роботи повинні відповідати загальному об'єму водоспоживання міста і характеру вод, що надходять на очищення. Метод і ступінь очищення стічних вод визначають з урахуванням можливості використання очищених стічних вод для промислових і сільськогосподарських цілей.

Існують такі методи очистки: механічний, фізико-хімічний, хімічний, і біологічний. Вибір способу залежить від фізичного стану, складу та концентрації забруднюючих речовин.

*Механічна очистка* – це відокремлення і механічне видалення зі стічних вод нерозчинних речовин, що досягається проціджуванням, відстоюванням, фільтруванням і центрифугуванням.

*Проціджування* стічних вод дає можливість затримувати порівняно великі частинки речовини (діаметром понад 5–10 мм), для чого використовують різноманітні ґратки і сітки; дрібніші її частинки (до 5 мм) уловлюються ситами.

*Відстоювання* застосовують для видалення мінеральних і органічних речовин, щільність яких більша або менша за щільність води; для цього служать піскоуловлювачі, відстійники, масло-, жиро- і смолоуловлювачі.

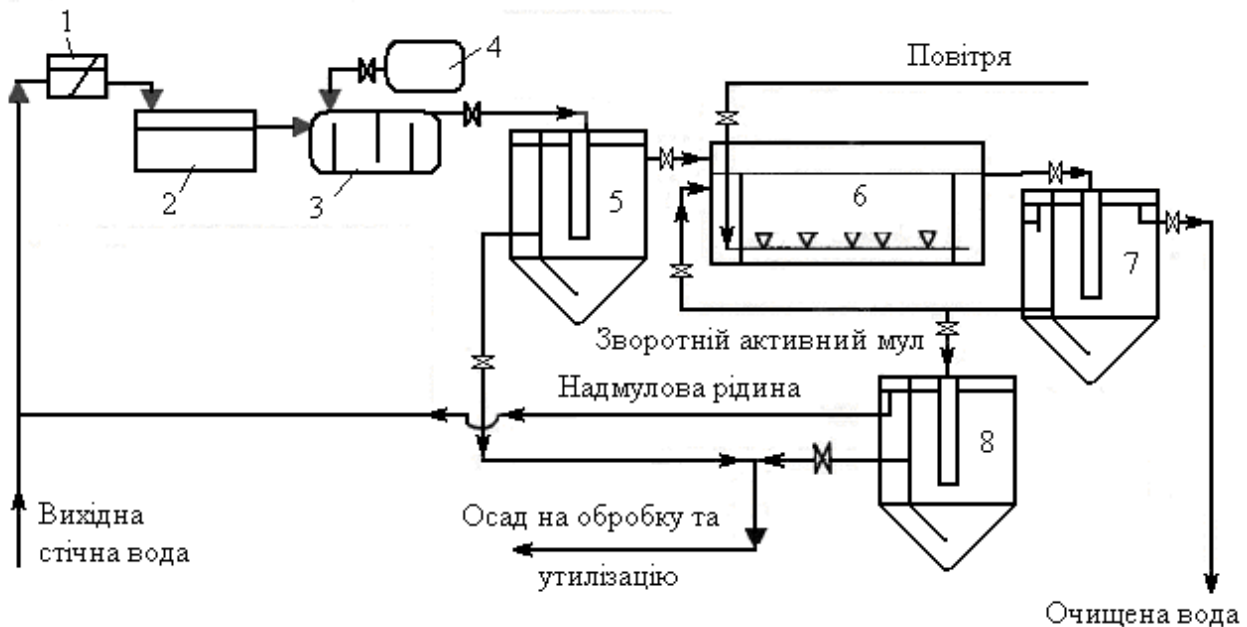


Рис. 1 – Загальна технологічна схема очищення стічних вод: 1 – відділення решіток; 2 – піскоуловлювач; 3 – змішувач; 4 – блок приготування та дозування реагентів; 5 – первинний відстійник; 6 – аеротенк; 7 – вторинний відстійник; 8 – ущільнювач надлишкового мулу.

Для затримування найдрібніших завислих часток вдаються до *фільтрування* води крізь спеціальні сітки або піщано-гравійні і шлакові фільтри. За допомогою *центрифугування* при обертальному русі під дією відцентрових сил із стічних вод видаляються частинки зависей.

Механічна очистка застосовується у разі, коли стічні води після проходження крізь названі вище споруди можуть використовуватись або для потреб виробництва, або випускатися у річку чи водойму, не забруднюючи їх. Такій очистці піддаються також стічні води перед застосуванням інших способів очистки. За допомогою механічної очистки із побутових стічних вод видаляють до 60% нерозчинних домішок, а із промислових – до 95%.

Споруди, на яких здійснюють механічну очистку, розташовують в технологічній послідовності, що забезпечує видалення спочатку найбільш великих часток забруднень (решітки, сита), після чого речовини мінерального походження, головним чином піску (піскоуловлювачі різних типів, гідроциклони) і, нарешті основної маси більш дрібних завислих речовин (відстійники різних типів).

Механічна очистка при обробці міських стічних вод є попередньою стадією перед біохімічною очисткою.

*Фізико-хімічна очистка* застосовується для очистки стічних вод від колоїдних і розчинених речовин-забруднювачів. Цей спосіб включає такі методи:

- *сорбція* – поглинання або концентрування на поверхні деяких твердих речовин забруднень, які містяться у стічних водах;
- *екстракція* – введення у стічні води речовин, які не змішуються з ними, але здатні розчинити забруднення, що містяться у воді;
- *флотація* – пропускання крізь стічну воду повітря, бульбашки якого, рухаючись вгору, захоплюють дисперсні частки речовини забруднення;
- *євапорація* – відгонка з водяною парою летких речовин, які забруднюють стічну воду;
- *іонний* – осаджування речовини забруднення на іонообмінному матеріалі при фільтруванні крізь нього стічних вод;
- *електроліз* – пропускання крізь стічні води електричного струму, який сприяє розчиненню матеріалу електродів у воді та утворенню пластівців коагулянту, що осаджують забруднюючі речовини;
- *кристалізація* – виділення зі стічних вод кристалів забруднюючої речовини, які утворюються при природному або штучному прискоренні випаровування рідини;
- *аерація* – очистка стічних вод шляхом окиснення забруднень киснем повітря і переведення розчинних летких речовин у газову форму (десорбція);
- *полуменеє спалювання* стічних вод відбувається за наявності в них особливо шкідливих речовин і неможливості очищення їх наявними методами;
- *безполуменеє спалювання* застосовується для знешкодження токсичних стічних вод за відсутності інших методів очистки;
- *демінералізація* (знесолення) стічних вод проводиться у зв'язку з використанням їх в системах оборотного замкнутого водопостачання промислових підприємств, для цього застосовують термодистиляційне знесолення, зворотний осмос, іонний обмін, геліоопріснення, виморожування, електродіаліз;
- *випаровування* – видалення води із забрудненої суміші шляхом підігріву.

*Біохімічні методи очистки* засновані на використанні особливостей життєдіяльності мікроорганізмів, які окислюють органічні речовини, що знаходяться у стічних водах у вигляді тонких суспензій, колоїдів або в розчині. Біохімічним методом вдається майже повністю звільнитися від органічних забруднень, що залишилися в стічних водах після механічної очистки, а також значно знизити вміст патогенних мікроорганізмів. Цей спосіб забезпечує майже

повне видалення забруднень органічного походження. Більше 90% міських стічних вод очищається саме цим методом.

Спори, в яких проходить біохімічна очистка, можуть бути поділені на дві основні групи.

1) спори, що працюють у природних або близьких до них умовах: поля зрошення, поля фільтрації і біологічні ставки. В цих спорудах стічні води очищаються доволі повільно за рахунок запасу кисню в ґрунті й у воді біологічних ставків, а також завдяки життєдіяльності мікроорганізмів – мінералізаторів, що окислюють органічні забруднення;

2) спори, в яких очистка стічних вод відбувається в штучно створених умовах: біологічні фільтри й аеротенки. В цих спорудах очистка проходить інтенсивніше, ніж у природних умовах, завдяки підтриманню в штучних умовах життєдіяльності необхідних мікроорганізмів.

*Біологічні фільтри* – це резервуари, в яких біологічна очистка стічних вод відбувається при її фільтрації крізь крупнозернистий матеріал (гравій, керамзит, крупнозернистий пісок, шлак та ін.). Поверхня цих штучних матеріалів (завантаження) під час очищення стічних вод щільно покривається біологічною плівкою, заселеною аеробними мікроорганізмами.

*Аеротенки* – залізобетонні резервуари, у яких повільно рухається суміш стічної води і активного мулу, що постійно перемішується за допомогою стиснутого повітря або спеціальних пристроїв.

Для нормальної життєдіяльності мікроорганізмів-деструкторів у аеротенк безперервно подається повітря. Активний мул являє собою біоценоз мікроорганізмів-мінералізаторів, здатних сорбувати на своїй поверхні й окислювати в присутності кисню повітря органічну речовину, що міститься у стічній воді.

*Доочистку* біологічно очищених стічних вод частіше за все здійснюють методами фільтрування через завантаження з різних матеріалів, мікрофільтруванням і контактним освітленням. Також використовують біологічні ставки. Для зниження ХПК біологічно очищених стічних вод застосовують сорбція на активному вугіллі або хімічне окислення шляхом озонування. Для видалення зі стічних вод біогенних елементів, азоту і фосфору, які, потрапляючи у водойму, сприяють інтенсивному розвитку водної рослинності, застосовують фізико-хімічні й біологічні методи.

Перед випуском у водойму очищені стічні води піддають знезараженню. Вибір реагенту й метода знезараження проводять у залежності від характеристики водойми-приймача стічних вод і способу подальшого використання очищених стічних вод.

*Хімічна очистка* застосовується для зміни хімічного складу або структури речовин, що містяться у стічних водах. Суть її полягає у додаванні до стічних вод таких хімічних реагентів, які, вступаючи в реакцію із забрудненнями, сприяють випаданню в осад нерозчинних і колоїдних речовин або газовиділенню. Хімічний метод надає можливість зменшити кількість нерозчинних забруднень стічних вод до 95% і розчинних – до 25%.

До основних видів хімічної очистки належать:

- *коагуляція* – додавання у стічні води реагентів-коагулянтів, які при розчиненні утворюють пластівці, що сприяють адсорбції забруднюючих стічних вод речовин і випаданню їх в осад;
- *нейтралізація* – введення у стічні води речовин з кислотою або лужною реакцією для забезпечення в них рН в межах 6,5–8,5;
- *електролітична очистка* – пропускання електричного струму крізь стічні води; при цьому утворюються іони електролітів, які направляються до анода або катода, де вони розряджаються і утворюють нові сполуки як між собою, так і з матеріалом електрода; останні осідають у відстійниках.

На деяких виробництвах у стічних водах є особливо шкідливі компоненти, що потребують спеціального вилучення. Утилізація найшкідливіших стоків здійснюється випарюванням із наступним знищенням чи складуванням твердих відходів у спеціальних могильниках (у глинах чи соляних шарах), або підземним захороненням у рідкому вигляді.

### **Завдання до виконання лабораторної роботи**

**Завдання 1.** Розрахувати місткість аеротенка очисних споруд міста для очищення стічних вод, за наступною формулою ( $V = q_{\text{роз}} \times t$ ), а також встановити площу та довжину коридору аеротенка.

Вихідні данні для виконання завдання: відомо, що розрахункові витрати води  $q_{\text{роз}}$  складають 1720 м<sup>3</sup>/год; біохімічне споживання кисню (БСК<sub>пов</sub>) стічних вод, що надходять до очисних споруд  $L_a = 130$  мг О<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>; біохімічне споживання кисню (БСК<sub>пов</sub>) очищених стічних вод  $L_t = 5$  мг О<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>; концентрація розчиненого кисню в аеротенку (С) становить 2 мг/дм<sup>3</sup>. Для виконання завдання необхідно використовувати розрахункові формули 29, 30 і основні характеристики типових аеротенків-змішувачів, які наведені в табл. 22.

### **Схема виконання:**

Аеротенки використовують у надзвичайно широкому діапазоні витрат стічних вод – від кількох сотень до мільйонів кубічних метрів за добу. Аеротенки-змішувачі доцільно застосовувати за БСК<sub>пов</sub> вхідної стічної води до 300 мг О<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>, а аеротенки-витискувачі – за БСК<sub>пов</sub> до 1000 мг О<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>.

Розрахунок аеротенків включає визначення місткості та габаритних розмірів споруди, об'єму потрібного повітря і надлишкового активного мулу. Місткість аеротенків визначається згідно з урахуванням середньо-годинного надходження стічних вод упродовж аерації в години максимального припливу.

Тривалість аерації в аеротенках-змішувачах  $t$  (год) розраховують за формулою:

$$t = (L_a - L_t) / b \times (1 - S) \cdot \rho, \quad (29)$$

де  $L_a$  – БСК<sub>пов</sub> вхідної в аеротенк стічної води (з урахуванням зменшення БСК після первинного відстоювання), мг О<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>;

$L_t$  – БСК<sub>пов</sub> очищених стічних вод, мг О<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>;

$b$  – доза мулу, г/дм<sup>3</sup> (в аеротенках-змішувачах без регенерації  $b = 3$  г/дм<sup>3</sup>, з регенерацією  $b = 2,0-4,5$  г/дм<sup>3</sup>);

$S$  – зольність мулу (для міських стічних вод  $S = 0,3$ );

$\rho$  – питома швидкість окиснення, мг БСК<sub>пов</sub> на 1 г беззольної речовини активного мулу за одну годину.

$$\rho = \rho_{\max} \times (L_t C / L_t C + K_L C + K_O L_t) \cdot (1 / (1 + \varphi \times b)), \quad (30)$$

де  $\rho_{\max}$  – максимальна швидкість окиснення, мг/(г × год);

$C$  – концентрація розчиненого кисню, мг/дм<sup>3</sup>;

$K_L$  – константа, що характеризує властивості органічних забруднень, мг БСК<sub>пов</sub>/дм<sup>3</sup>;

$K_O$  – константа, що характеризує вплив кисню, мг О<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>;

$\varphi$  – коефіцієнт інгібування продуктами розкладання активного мулу, дм<sup>3</sup>/г.

Таблиця 22 – Основні параметри типових аеротенків-змішувачів

Ширина коридору, м	Робоча глибина аеротенка, м	Число коридорів та секцій, шт.	Робочий об'єм секції, м <sup>3</sup>	Номер типового проекту
3	1,2	2/2	260	902-2-95/96
4	4,5	2/2	864	902-2-215/216
4	4,5	2/4	1296	902-2-217/218
6	5,0	3/4	7560	902-2-211
9	5,2	4/4	21680	902-2-120/72
9	5,2	4/4	28080	902-2-264

Для міських стоків і близьких до них за складом промислових стічних вод  $\rho_{\max} = 85$  мг/(г · год);  $K_L = 33$  мг БСК<sub>пов</sub>/дм<sup>3</sup>;  $K_O = 0,625$  мг О<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>;  $\varphi = 0,07$  дм<sup>3</sup>/г;  $S = 0,3$ .

**Завдання 2.** Замалювати технологічні схеми очисних споруди типу біоплато: А – інфільтраційне біоплато і Б – поверхнєве біоплато та пояснити принцип роботи цих очисних споруд.

### Контрольні питання:

1. Поясніть, які методи очищення міських стічних вод використовують?
2. Назвіть категорії стічних вод.
3. Поясніть, у чому полягають механічні методи очищення стічних вод?
4. Поясніть особливості біохімічної очистки стічних вод.
5. Поясніть особливості фізико-хімічної очистки стічних вод.
6. Поясніть особливості хімічної очистки стічних вод.
7. Поясніть, які основні проблеми біологічних методів очистки стічних вод?



### Розділ 3

## ОСОБЛИВОСТІ ВПЛИВУ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ОБ'ЄКТІВ НА ДОВКІЛЛЯ. БІОГЕОЦЕНОЗИ МІСЬКИХ ЕКОСИСТЕМ

### ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 8

**Тема:** Ресурсоспоживання міст.

**Мета:** ознайомитися із ресурсоспоживанням урбоекосистем деяких зарубіжних країн та України.

**Обладнання та матеріали:** табличні вихідні дані щодо енергетичних показників, площі та кількості населення України, Туреччини та Ізраїлю, підручники, посібники, конспекти лекцій, калькулятор.

#### План вивчення теми

- 1) Сировина, напівфабрикати та продовольство урбоекосистем.
- 2) Територія, як ресурс зростаючого міста.
- 3) Повітря, як ресурс міських систем.
- 4) Вода, їжа, як ресурси урбоекосистеми.
- 5) Енергія, як ресурс міських мешканців.

#### Питання до самопідготовки:

1. Рекреаційні ресурси міста.
2. Мікроклімат міського середовища.
3. Особливості споживання води в містах.
4. Планувальна структура міста.
5. Біоурбаністика, як розвиток ландшафтної архітектури міст.

#### Теоретичний відомості

Місто в різні часи розвивалося за рахунок розширення своєї території, досягаючи достатньо великих розмірів. Прискорення процесу урбанізації супроводжується зростанням споживання природних ресурсів, оскільки містам, що збільшуються, потрібно більше продуктів харчування, води та енергії. Проблема сучасних великих міст посилюється через нестачу природних просторових ресурсів. Потреби сучасного міста величезні та різноманітні, і перш за все йому потрібна територія. Місто відбирає її у природи шляхом переулаштування природних ландшафтів, будівництва житлових масивів, прокладання вулиць та магістралей, спорудження аеропортів, вокзалів тощо. Це супроводжується вирубуванням лісів, засипанням боліт та ярів, регулюванням стоку річок, створенням водосховищ. При цьому темп розширення території міст вдвічі перевищує темп зростання їх населення. Орієнтовно площа міста із населенням один млн. чоловік становить 200 км<sup>2</sup>. Сучасне місто з мільйонним населенням і поперечником у 15 км має 30-кілометрову приміську урбанізовану зону.

Природною потребою людей є повітря. Великі міста споживають кисню більше, ніж продукують. Місто з населенням у один млн. чоловік потребує приблизно 3 млн. т кисню на рік. Надходження його у атмосферу відбувається за рахунок фотосинтезу, що здійснюється фітопланктоном Світового океану й різноманітними лісами. Навіть при інтенсивному озелененні міської території і наявності власних водних об'єктів міські можливості відтворення кисню є значно нижчими від тієї потреби, що може бути забезпечена лише за рахунок рослинності і водної поверхні неурбанізованих просторів, загальна площа яких у 20–30 разів перевищує міську територію.

Потреба міста з населенням у один млн. чоловік у воді у 400–500 млн. м<sup>3</sup>/рік. На території міста не може сформуватися така кількість поверхневого стоку, а запасів підземних вод, як правило, недостатньо. Місто отримує воду із річок, водосховищ і озер, водозбірний басейн яких у декілька разів перевищує його власну територію.

Мільйонне місто потребує значну кількість їжі. Добова потреба людини у ній становить від 1 до 2 кг. Для міста у один мільйон жителів потрібно щоденно завозити і виробляти на місці близько 2 тис. т продовольства, або 35 залізничних вагонів на добу. Для виробництва такої кількості їжі потрібно, залежно від якості харчування і родючості ґрунтів, в середньому 0,2 га сільськогосподарських земель на одну людину, або близько двох тис. км<sup>2</sup> для мільйона городян, що на порядок перевищує площу самого міста.

Місто потребує значної кількості енергії. Орієнтовно ця потреба може бути оцінена у 10 кг умовного палива на 1 людину на добу, тобто для мільйонного міста – 10 тис. т, або близько 150 вагонів щоденно. Встановлено, що зростання споживання енергії на виробничі і комунальні потреби випереджає зростання міського населення і становить 5–6% на рік. Різкий підйом у споживанні енергії співпадає з піком урбанізації.

Основні джерела енергії для міста – це теплові, атомні і гідроелектростанції. Проте ресурси не відновлюваних (вугілля, нафта, газ) і відновлюваних (вода) джерел енергії не безмежні. До кінця ХХ ст. стало очевидним, що запаси традиційних джерел енергії наближаються до вичерпування, і для виходу із неминучої глобальної енергетичної кризи людству доведеться вирішувати проблему освоєння нових видів енергії. При цьому має враховуватися досвід, який людство набуває на шляху виходу із сучасної екологічної кризи. Це означає, що пошук і розробка нових технологій отримання енергії мають проводитися із дотриманням вимог захисту навколишнього природного середовища.

Сучасне місто потребує рекреаційних ресурсів, тобто місць і споруд для відпочинку городян. Внутрішні рекреаційні можливості міста у вигляді приміських зелених зон, скверів, парків, водойм, становлять у різних містах (за існуючої оцінки) від 10–15% до 50–60% його загальної території. Однак, цієї площі вкрай недостатньо для рекреації. За сучасними уявленнями, площа рекреаційних зон має у 5–10 разів перевищувати власну територію міста. Таким чином, територія, що забезпечує мінімально необхідні потреби мільйонного

міста у повітрі – у 20 разів, а у воді, їжі і рекреації – у 10 разів, перевищує територію самого міста.

Велике місто споживає життєві ресурси, які створюються природою на величезних просторах, що в сотні і тисячі разів перевищують площу самого міста. Задоволення потреб зростаючих міст у воді, їжі, електроенергії, рекреації та ін. ресурсах потребує якісної зміни технологій їх отримання і використання. Це стосується, у першу чергу скорочення забору води із природних джерел шляхом зниження водоспоживання виробництвом і збільшення повторного використання води, зниження питомої енергомісткості в усіх сферах людської діяльності, підвищення врожайності сільськогосподарських угідь та збільшення рекультивації земель, розвиток нових форм рекреації і формування психології життя «без надлишків».

Екологічна оптимізація урбоєкосистем – це мінімізація негативної дії міст на навколишні території, збереження біорізноманіття, раціональне використання містами ресурсів навколишнього природного середовища. Такий напрямок технологічного і соціального розвитку суспільства диктується ресурсними обмеженнями нашої планети.

Урбанізовані екосистеми займають 6% площі суші (агроекосистеми – до 24%), а потужність міських промислових систем приблизно в сотні разів вища будь-якої природної екосистеми. Якщо природна екосистема (відкритого океану, лісу) одержує щороку приблизно 20000 ккал/м<sup>2</sup>, то промислово-міська – 2000000 ккал/м<sup>2</sup>. У великих містах висококонцентрована потенційна енергія палива не просто доповнює, але й заміняє сонячну енергію. Слід відзначити, що в умовах сучасного міського господарства з його велетенськими площами мертвої підстильної поверхні (асфальт, бетон, камінь, метал), які акумулюють тепло і сприяють формуванню смогу, сонячна енергія стає навіть шкідливою.

Крупні міста не лише споживають величезну кількість природних ресурсів і енергії, яка доставляється до них звідусіль, але й виробляють величезну кількість відходів. Мільйонне місто щорічно викидає в атмосферу не менше 10–11 млн. т водяних парів, 1,5–2,0 млн. т пилю, 1,5 млн. т оксиду вуглецю, 0,25 млн. т сірчистого ангідриду, 0,3 млн. т оксиду азоту. Тому 15 млн. поселень на нашій планеті виступають, як основні вогнища антропогенного збурення в біосфері, а найкрупніші з них, міста-мільйонери, за масштабами впливу на атмосферу порівнюють з вулканами.

Вивчення потоків речовини і енергії в урбоєкосистемах покладене в основу методології екосистемних досліджень, насамперед аналізу різноманітних трофічних ланок і мереж та енергетичних потоків. Завдяки таким аналізам встановлено, що міська екосистема функціонує головним чином внаслідок її солярно-енергетичного забезпечення і постійно залежить від нього. Всі життєві і багато геофізичних процесів відбуваються завдяки солярній енергетиці (радіальні і латеральні газодимові і теплові потоки в атмосфері міста).

Складність встановлення речовинно-енергетичного балансу пов'язана із віддаленням природно-сировинних джерел, які забезпечують міста висококонцентрованою енергією палива і сировиною.

Подібно до природної екосистеми, потік речовини й енергії в урбоекосистемі рухається зліва направо, втрачаючи на кожному етапі технологічних перетворень певну кількість енергії, яка піде на задоволення виробничих та інших процесів, виділяється в природне середовище у вигляді тепла, пару, газових субстанцій, пилу, твердих відходів.

На вході в систему – спочатку потрапляє первинна енергія (нафта, кам'яне вугілля, газ, уран) і потік води, необхідний для виробничих цілей. Вторинна енергія – це енергія перетворень, в процесі яких спостерігались значні витрати.

На виході маємо кінцеву, в тому числі корисну, енергію. Такий глибокий аналіз руху речовини і енергії має важливе еколого-економічне значення. Адже енергоємність окремих виробництв пов'язана безпосередньо з витратами при перетворенні речовини й енергії та викидами в довкілля.

### Завдання до виконання лабораторної роботи

**Завдання 1.** Визначити відносні значення ( $I_n$ ) енергії харчування, енергії палива та сонячної енергії для України, Туреччини та Ізраїлю виходячи із даних, які представлені в таблиці 23. Зробити відповідні висновки.

Таблиця 23 – Енергетичні показники, площа та кількість населення України, Туреччини та Ізраїлю.

Країни	Енергія сонця	Площа, тис. км <sup>2</sup>	Населення, млн. чол.
Україна	140 Вт/м <sup>2</sup>	603,55	42,62
Туреччина	200 Вт/м <sup>2</sup>	780	77,7
Ізраїль	250 Вт/м <sup>2</sup>	20,770	7,5

### Схема виконання:

Необхідно визначити та порівняти витрати енергії (сонячної, паливної, енергії харчування), або потужність потоку в одиницях (Дж; ГДж; Вт; ГВт), що припадають на одну людину в рік для країни з площею 100 тис. км<sup>2</sup>, де щільність населення складає 20 чол./км<sup>2</sup>, а в якості палива використовують 250 ГДж енергії щорічно.

Середньостатистична людина споживає їжу, яка містить 2 тисячі кілокалорій на добу. Треба виходити з того, що 1 кілокалорія = 4182 Дж.

Інтенсивність сонячного випромінювання за добу в середньому складає 150 Вт/м<sup>2</sup>.

#### 1. Енергія палива.

Спочатку визначаємо витрати повної енергії (Дж/рік)

$$T = 250 \times 10^9 \text{ (Дж)} \times 20 \text{ (чол./км}^2\text{)} \times 10^5 \text{ км}^2 = 5 \times 10^{17} \text{ (Дж/рік)}.$$

Енергія виражається у ватах, знаючи, що розмірність одного вата = Дж/с.

Тоді,  $E$  (у ватах) =  $5 \times 10^{17}$  (Дж/рік) /  $365 \times 24 \times 3600 = 15,85 \times 10^9$  Вт або  $E = 15,85$  ГВт.

Потім визначаємо скільки необхідно енергії використати на одну людину.

$$X = 15,85 \times 10^9 \text{ Вт} / 20 \times 10^5 = 7925 \text{ (Вт/чол.)}.$$

### 2. Сонячна енергія.

Спочатку визначаємо витрати повної енергії (Вт).

$$C = 150 \text{ (Вт/м}^2\text{)} \times 10^5 \text{ км}^2 \times 20 \text{ (чол./км}^2\text{)} = 300 \times 10^6 \text{ Вт} = 0,3 \text{ ГВт}.$$

Виражаємо енергію у Дж/рік.

$$E = 300 \times 10^6 \text{ (Вт)} \times 3600 \times 24 \times 365 = 9,46 \times 10^{15} \text{ Дж/рік}.$$

Потім визначаємо скільки необхідно енергії використати на одну людину.

$$X_1 = 300 \times 10^6 \text{ (Вт)} / 20 \times 10^5 = 150 \text{ (Вт/чол.)}.$$

### 3. Енергія харчування.

Визначаємо витрати повної енергії (Вт).

$$П = 2000 \text{ (Ккал./доб. чол.)} \times 4182 \text{ (Дж/Ккал.)} \times 365 \text{ (доб./год)} \times 20 \times 10^5 \text{ (чол.)} = 6,11 \times 10^{15} \text{ Дж/год}.$$

Виражаємо енергію у ватах.

$$E = 6,11 \times 10^{15} \text{ (Дж/год)} / 365 \times 24 \times 3600 = 1,94 \times 10^8 \text{ (Дж/с)} = 0,194 \text{ ГВт}.$$

Визначаємо скільки необхідно енергії використати на одну людину.

$$X_2 = 0,194 \text{ ГВт} / 20 \times 10^5 = 97 \text{ (Вт/чол.)}.$$

Отримані розрахункові дані перенести до таблиці 24.

Таблиця 24 – Витрати енергії (сонячної, палива, енергії харчування), що припадають на одну людину на рік

Енергія	Дж/рік	ГВт	Вт/чол.	Відношення	ln
Харчування	$6,11 \times 10^{15}$	0,194	97	1	0
Палива	$5,00 \times 10^{17}$	15,85	7925	82	4,41
Сонячна	$9,46 \times 10^{15}$	0,3	150	1,6	0,47

### Контрольні питання:

1. Поясніть, у чому полягає ресурсний потенціал міста.

2. Дайте характеристику паливно-енергетичному господарству міста.
3. Поясніть, як накопичується в урбоєкосистемах речовина та енергія?
4. Поясніть особливості речовино-енергетичного балансу в міських екосистемах.
5. Поясніть, у чому полягають перспективи розвитку сонячної енергії, які світові технології її використання?
6. Поясніть, у чому полягають перспективи розвитку вітрової енергії, які світові технології її використання?
7. Розкрийте суть поняття «біоенергетика».

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 9

**Тема:** Енергетика і довкілля.

**Мета:** ознайомитися з небезпечними екологічними факторами добування та переробки нафти на всіх етапах, які негативно впливають на оточуюче природне середовище та здоров'я людини.

**Обладнання та матеріали:** табличні вихідні дані щодо деяких характеристик нафтопереробних підприємств, підручники, посібники, конспекти лекцій, калькулятор.

### План вивчення теми

- 1) Енергетичні об'єкти міста та їх характеристика.
- 2) Традиційна енергетика.
- 3) Принцип роботи атомних електростанцій.
- 4) Вплив різних енергетичних об'єктів на оточуюче природне середовище.
- 5) Об'єкти малої енергетики.

### Питання до самопідготовки:

1. Енергетика та екологічна ситуація в Україні.
2. Екологічні аспекти нетрадиційної енергетики.
3. Характер впливу на довкілля виробництва чавуну та сталі.
4. Захист довкілля від шкідливого впливу сталеплавильного виробництва.
5. Забруднення довкілля при виробництві алюмінію.
6. Негативний вплив електроенергетики на екологічний стан навколишнього природного середовища.

### Теоретичний відомості

Щоб забезпечити населенню комфортні умови проживання, а промисловості – нормальне функціонування, потрібна енергетика. Лише тоді місто може розвиватися як єдиний територіальний комплекс, якщо він забезпечується надійно та ефективно працюючою енергетичною системою. Таким чином, *енергетика* – це є виробництво і споживання енергії.

*Енергетичні об'єкти* – це один з основних факторів життєзабезпечення міста. Проте, з усіх промислових об'єктів, вони чинять найбільший негативний

вплив на навколишнє природне середовище. Цей вплив позначається не лише у межах міста, але і у його околицях. Енергію на тривалий час накопичувати практично неможливо. Тому процеси виробництва та споживання енергії мають слідувати один за одним і бути пов'язані ланкою передачі.

У залежності від виду первинної енергії розрізняють:

- 1) теплові електростанції (ТЕС), до них також відносяться конденсаційні (КЕС) і теплофікаційні або теплоелектроцентралі (ТЕЦ);
- 2) атомні електростанції (АЕС);
- 3) гідроелектричні станції (ГЕС) та ін.

Електростанції, які обслуговують великі житлові райони, отримали назву державних районних електростанцій (ДРЕС). До їх складу, як правило, входять конденсаційні електростанції, вони використовують органічне паливо, але теплової енергії не виробляють.

На теплових, конденсаційних і державних районних електростанціях потенційна хімічна енергія органічного палива перетворюється на теплову енергію водяної пари, що подається на турбогенератори, яка у свою чергу переходить в електричну. Саме так виробляється 80% енергії у світі. Паливом слугує вугілля, нафта або природний газ, а на атомних станціях – ядерне паливо, що виділяє тепло, яке виділяється в реакторі внаслідок ланцюгової реакції поділу ядер (наприклад урану). Атомні електростанції теж теплові, але відмінність полягає у тому, що топка парового котла представлена ядерним реактором.

У результаті спалювання палива або ядерних реакцій виділяється тепло, яке використовується для нагрівання води та отримання пари. Отримана пара, з високою температурою і під тиском, подається на турбіну, що обертає якор генератора електричного струму. Відпрацьована пара зі зниженими температурою і тиском, залишаючи турбіну, направляється у конденсатор, через який пропускається охолоджуюча вода для перетворення пари у воду. У процесі конденсації пари охолоджуюча вода нагрівається та скидається у водойму, з якої вона забиралася, або пропускається через градирні для охолодження і повторного використання у конденсаторі. Вода, що утворилася зі сконденсованої пари, повертається у котел, і описаний цикл повторюється.

Величезна кількість виробленої електричної енергії неминуче тягне за собою скидання значних обсягів теплових відходів у навколишнє середовище: річки, водойми та атмосферу. Це тепло призводить до теплового забруднення навколишнього середовища. Теплове забруднення (переважно води) супроводжує процес охолодження відкритого типу, при якому охолоджуюча вода надходить з зовнішнього резервуару (басейну річки, водойми) і потім у нагрітому стані, після використання для конденсації пари, повертається знову у той самий резервуар, звідки вона забиралася.

ТЕС, ГЕС і АЕС – основні енергогенеруючі джерела. Вони визначають рівень світової енергетики і України зокрема.

З усіх видів енергії найбільший розвиток в Україні отримала теплоенергетика, як енергетика парових турбін на органічному паливі. Питомі капітальні витрати на будівництво ТЕС істотно нижче, ніж на ГЕС та АЕС.

Значно коротшими є і терміни будівництва ТЕС. Собівартість виробленої електроенергії нижче всього на ГЕС. Собівартість електроенергії ТЕС і АЕС відрізняються мало, але все ж вона нижче для атомних станцій.

Вибір місця будівництва і типу електростанції залежить від наступних факторів:

- ГЕС будується на річці;
- ТЕС – неподалік від місця видобутку палива;
- ТЕЦ – неподалік від споживачів теплової енергії;
- АЕС – подалі від населених пунктів.

Останнім часом вибір місця будівництва і типу електростанції залежить від екологічних проблем, пов'язаних з отриманням і використанням енергоресурсів.

Вплив різних енергетичних об'єктів на оточуюче природне середовище в загальному вигляді представлено в таблиці 25.

Таблиця 25 – Вплив енергетики на оточуюче природне середовище

Об'єкт	Фактор впливу
1	2
ТЕС на органічному паливі	Видобуток палива (створення шахт і обладнання териконів). Переробка і транспортування палива. Осідання земної поверхні. Вилучення територій (будівництво будівель, створення ставків-охолоджувачів, прокладка каналів, що підводять і відводять, доріг і ін.). Забруднення газоподібними, рідкими і твердими відходами (теплове забруднення повітряного басейну і водного середовища). Зміна альbedo поверхні.
Атомні електростанції	Видобуток ядерного палива. Вилучення територій. Захоронення відходів. Теплове забруднення.
Гідро-електричні станції	Будівництво гребель. Вилучення територій. Створення водосховищ. Переробка берегів. Зміна сейсмічності. Підтоплення і заболочування територій. Вплив на підземні води. Зміна внутрішньо-водоємних процесів. Зміна альbedo поверхні.
Теплотраси	Вилучення територій. Зміна термічного режиму.

*Об'єкти малої енергетики.* До малих станцій належать станції, потужність яких не перевищує 30 МВт, і агрегати одиничною потужністю не більше 10 МВт. Як правило, такі станції поділяються на три підкласи:

- 1) мікроелектростанції – потужність не більше 100 кВт;
- 2) мініелектростанції – потужність 100 кВт – 1 МВт;
- 3) малі – потужність не менше 1 МВт.

До малої енергетики відноситься приблизно 2 млн. одиниць установок, що спалюють паливо:

- промислові ТЕЦ і котельні;



- заводські ТЕС та котельні, промислові печі;
- усе обладнання комунальної енергетики;
- побутові енергоустановки.

Мала енергетика споживає понад 60% всього палива: газоподібного – 49%, рідкого – 20% та твердого – 31%.

Для малої енергетики характерний низький рівень економічності, надійності, безпеки, у тому числі екологічної. Теплові ККД дрібних котелень у 1,5–2,0 рази нижче технічно допустимого рівня. Більше половини палива спалюється на несучасному обладнанні. Мала енергетика забезпечена пиловловлюючим обладнанням на 15%, причому ступінь уловлювання складає лише 40%. Однак вони можуть конкурувати з ТЕЦ завдяки автономності та малої протяжності теплових мереж.

Серед значних причин, завдяки яким споживачі приймають рішення будувати власну автономну електростанцію, можна вказати наступні:

1. Теплова або електрична енергія, що постачається від власного джерела, має низьку собівартість порівняно з вартістю енергії від інших джерел.
2. Кошти, витрачені на будівництво автономної станції, сумірні зі збитком від перерви у постачанні електроенергії, тривалість якої не менше 2 годин. Для інших підприємств, вартість може бути порівнянна зі збитком від перерви, тривалість якого становила 15–20 хвилин.
3. Загальні капітальні витрати, пов'язані з виконанням умов щодо приєднання до централізованої системи, для більшості підприємств можуть бути значно вище, ніж будівництво власного джерела енергії.
4. Надійність роботи автономної станції у разі перевищує надійність роботи централізованої системи, тим більше, якщо передбачається паралельний режим автономної станції з зовнішньою системою.
5. Завдяки наявності власної станції підприємство має енергетичний суверенітет, отже, володіє економічною незалежністю від ринку енергетики.

Вплив енергетичних об'єктів на навколишнє середовище зводиться до наступного:

- зміни водного балансу та якості води за рахунок водоспоживання і водокористування, створення водосховищ або ставків-охолоджувачів, що призводить до зміни мікроклімату, розвитку планктону і водної рослинності, зміни умов рибиництва та ін.;
- викидів рідких і твердих часток в атмосферу, у тому числі радіоактивних і канцерогенних, оксидів металів та їх сполук, кислотних оксидів, що призводить до кислотних дощів;
- складування продуктів спалювання і продуктів збагачення;
- викиди теплоти та ін.

Всі енергетичні об'єкти потребують значних територій, що відбирається у природи. Землі зайняті теплоелектроенергетичними об'єктами становлять 2,5–3,0% від усіх земель, що відводяться під електроенергетику. Їх водосховища-охолоджувачі можуть займати площі 500–1000 га на 1 млн. кВт потужності.

Нормативи і правила вилучення земель під ТЕС визначають питому землеємність, якість та співвідношення різних земель, що вилучаються. Питома землеємність ТЕС залежить від складу використовуваного палива, типів систем водопостачання та охолодження. Найбільша землеємність у ТЕС, що працюють на різному вугіллі (особливо бурому вугіллі та сланцях). Помітно менша землеємність ТЕС на мазуті. Це пов'язано з великими площами земель, зайнятих у вугільних ТЕС під паливосховища і золовідвали. Зольність палива і розташування золовідвалів визначають питомі площі. Найменша землеємність у ТЕС, що працюють на газі.

Особливо значне забруднення атмосферного повітря підприємствами енергетики було встановлено: в Донецькій області – 30% усіх викидів в атмосферу, в Дніпропетровській – 24%, в Луганській – 18%, в Запорізькій – 49%, в Харківській – 58%, в Івано-Франківській – 73%, в Київській – 67%, в Вінницькій – 71%.

Стабілізація і зменшення викидів в атмосферу підприємствами енергетичного комплексу являються найважливішими складовими природоохоронної стратегії України у відповідності до зобов'язань, прийнятими нею в Ріо-де-Жанейро в 1992 р., по запобіганню зміни клімату планети.

### Завдання до виконання лабораторної роботи

**Завдання 1.** Для кількісного оцінювання технологічних параметрів нафтопереробного підприємства визначити необхідні параметри нафтопереробного підприємства потужністю – 50 тис. барелів, 110 тис. барелів та 150 тис. барелів, виходячи з даних таблиці 26.

Таблиця 26 – Деякі характеристики нафтопереробних підприємств

Потужність	ККД, %	Енергетичний еквівалент, МДж/л	Швидкість нафти, м/с	Необхідний запас нафти
50	82	33	1,1	6 діб
110	87	38	0,7	3 доби
150	91	40	1,3	7 діб

Встановити який енергетичний потенціал і який об'єм нафтопродуктів випускає завод (ДЖ/л), який діаметр труби нафтопроводу, який резервуар необхідний для зберігання нафти. Також необхідно вказати габарити резервуару, якщо ємність є циліндром, висота якого складає половину його діаметру. Зробити висновки.

### Схема виконання:

Завод переробляє 100 тис. барелів сирової нафти за добу і працює з ККД = 90%. Нафта та продукти її переробки містять енергетичний еквівалент 35 МДж/л. На заводі повинно знаходитись 5 добових запасів нафти. Нафта переміщується по нафтопроводу зі швидкістю 0,8 м/с. Відомо, що 1 барель нафти = 159 літрів.

1. *Визначаємо енергетичний потенціал (потужність) заводу, його продукцію та встановлюємо кількість енергії, що міститься у сирій нафті і нафтопродуктах.*

Знаходимо енергетичний потенціал заводу:

$$100000 \text{ бар/доб.} = 159 \times 10^5 \text{ л/доб.} = 159 \times 10^2 \text{ м}^3/\text{доб.}$$

Знаходимо продукцію заводу:

$$90000 \text{ бар/доб.} \times 159 = 143,1 \times 10^2 \text{ м}^3/\text{доб.}$$

Визначаємо кількість енергії в сирій нафті:

$$159 \times 10^5 \text{ л/доб.} \times 35 \times 10^6 \text{ Дж/л} = 5,57 \times 10^{14} \text{ Дж/доб.}$$

2. *Визначаємо діаметр труби.*

Знаходимо спочатку площу а потім діаметр труби:

$$S = 159 \times 10^2 \text{ м}^3/\text{доб.} / 24 \times 3600 \times 0,8 = 0,23 \text{ м}^2 = 2300 \text{ см}^2;$$

$$S = \pi r^2;$$

$$r = \sqrt{S/\pi} = 27,06 \text{ см};$$

$$D = 2r = 27,06 \times 2 = 54,12 \text{ см.}$$

3. *Визначаємо об'єм та габарити резервуару для зберігання нафти.*

Знаходимо об'єм резервуару для зберігання нафтопродуктів.

$$V = 159 \times 10^2 \text{ м}^3/\text{доб.} \times 5 = 7,95 \times 10^4 \text{ м}^3;$$

Знаходимо діаметр резервуару виходячи із розрахункової формули за якою розраховували об'єм резервуару:

$$V = (\pi d^2/4) \times h = (\pi d^2/4) \times (d/2).$$

$$d = 58,7 \text{ м.}$$

Знаходимо висоту резервуару:

$$h = d/2 = 29,35 \text{ м.}$$

### **Контрольні питання:**

1. Поясніть, у чому проявляється негативний вплив електроенергетики на екологічний стан навколишнього середовища?
2. Поясніть, як енергію океанів можливо перетворити в електроенергію?
3. Наведіть приклади маловідомих джерел енергії.

4. Поясніть, які недоліки та переваги нетрадиційних джерел енергії?
5. Поясніть, чим ускладнюється негативний вплив на довкілля підприємств хімічної і нафтохімічної галузей промисловості?

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 10

**Тема:** Функції рослинного покриву в містах.

**Мета:** ознайомитися із видовим складом рослин та структурою рослинних угруповань різних територій м. Запоріжжя.

**Обладнання та матеріали:** план-схеми парків м. Запоріжжя, підручники, посібники, конспекти лекцій, визначники вищих рослин.

### План вивчення теми

- 1) Шляхи формування флори міста.
- 2) Антропогенне створення міської флори.
- 3) Урбанізовані біогеоценози.
- 4) Комплексна зелена зона міста.
- 5) Нормування в озелененні населених пунктів.

### Питання до самопідготовки:

1. Озеленення міст та створення рекреаційних зон.
2. Система зелених насаджень в місті.
3. Багатофункціональні парки урбоекосистеми.
4. Спеціалізовані парки міської території.
5. Ландшафтно-екологічні пояси зелених зон міста.

### Теоретичний відомості

Із зростанням міста, розвитком його промисловості стає все більш складною проблема охорони навколишнього середовища, створення нормальних умов для життя і діяльності людини. Інтенсивний розвиток промислового та сільського господарства супроводжується значними порушеннями властивостей природного середовища, що оточує людину.

Тому зелені насадження мають велике значення в житті й функціонуванні міста. З одного боку, вони поліпшують його архітектурний вигляд, сприяють кращій організації культурного обслуговування населення, спричиняють екологічний вплив: знижують швидкість вітру, регулюють тепловий режим, очищують і зволожують повітря, поглинають шум. З іншого, з декоративними насадженнями тісно пов'язане функціональне зонування міських територій, система транспортних і пішохідних магістралей, прокладання інженерних комунікацій.

Таким чином, вони виконують важливі функції – забезпечують можливість організації повноцінного відпочинку мешканців міста, формують естетичний каркас міста, поліпшують його архітектурно-художній вигляд та якість середовища міста.

У сучасному місті ростуть декілька сотень видів рослин. Дослідження флори міста свідчать про перевагу видів рослин немісцевого походження, оскільки при заснуванні міста місцева рослинність витісняється з території міста або знищується. Це відбувається внаслідок розчищення території під будівництво шляхом вирубування лісів, переміщення ґрунтів, штучного покриття значних земельних ділянок асфальтом тощо. Попри те, що умови у містах відрізняються від тих, що були у сусідніх місцевостях, адвентивні види вливаються у міста широким потоком.

При формуванні системи озеленення необхідно, щоб розміщення її об'єктів було тісно пов'язане з планувальною структурою міста. В ідеально запланованому місті система озеленення повинна органічно «вплітатися» у структуру міста, а природний ландшафт – бути основою її планування. Всі озеленені території класифікують за територіальними ознаками і функціональним призначенням. Крім того, об'єкти озеленення, призначені для відпочинку, підрозділяють згідно свого користування відповідно до східчастої системи обслуговування населення.

Системи озеленення у містах повинні завжди удосконалюватися, та пристосовуватися до мінливого навколишнього світу. За територіальною ознакою озеленені простори поділяють на внутрішньоміські, які знаходяться у межах адміністративних рамок міста, у забудові, і об'єкти, розташовані за межами міської забудови у зеленій, або приміській, зоні.

У широкому тлумаченні, *зелені зони міст (a green space, an urban green zone)* – це території із зеленими насадженнями та незабудованими відкритими просторами (*an open space*) в межах міста або приміської зони, що мають (реальне чи потенційне) екологічне, економічно-господарське, рекреаційне та естетичне значення.

Під категорією «зелена зона міста» науковці часто розуміють лише позаміську систему зелених насаджень. Зокрема, Стольберг Ф.В. та Реймерс Н.Ф. у термін «зелена зона» включають території за межами міста, що зайняті лісами і лісопарками, які виконують захисну та санітарно-гігієнічну функції і є місцем відпочинку населення. За Мусієнком М.М., «зелена зона» – це широкий пояс зелених насаджень навколо міста (населеного пункту), де охороняється рослинний і тваринний світ з метою створення умов для очищення довкілля від забруднення та збагачення атмосферного повітря киснем.

Також існує термін «*приміська зелена зона*» як територія за межами міста, зайнята лісами, лісопарками та іншими озеленими територіями, яка виконує захисну і санітарно-гігієнічну функції та є місцем відпочинку населення. Для більш широкого тлумачення зеленої зони міста, проф. Кучерявий В.П. вводить поняття «*комплексної зеленої зони міста*», під яким розуміє науково обґрунтовану сукупність територій (зелених зон) у межах населених місць і за містом, яка включає зелені насадження, водні простори та інші елементи природного ландшафту, що є своєрідним екологічним каркасом планувальної структури міста, і забезпечує рекреаційні, санітарно-гігієнічні, естетичні та соціальні функції з метою створення здорового довкілля для праці, спорту і

відпочинку населення. У цьому визначенні вперше у категорію комплексної зеленої зони міста включають не лише озеленені території, але і водні плеса з іншими елементами природного ландшафту, в межах та поза межами міста.

Дещо ширше, із доповненнями, трактують термін комплексної зеленої зони міста науковці Львівського національного університету ім. І. Франка: М. Елбакідзе, О. Завадович, Т. Ямлець. За їх переконаннями, «*комплексна зелена зона міста*» – це система природних та природно-антропогенних елементів урболандшафтів, яка є своєрідним екологічним каркасом планувальної структури міста та виконує рекреаційну, природоохоронну, санітарно-гігієнічну, естетичну та соціальну функції для створення здорового довкілля, підтримки та збереження біорізноманіття та рекреаційної діяльності населення.

Отож, проаналізувавши різні трактування поняття «зелена зона міста», можна стверджувати, що у цю категорію включаються зелені насадження за межами населеного пункту. Тоді як «*комплексна зелена зона міста*» розглядається більш ширше, із врахуванням зелених масивів як за межами міста, так і внутрішньоміських насаджень. Узагальнивши вище наведені визначення, формулюємо таке поняття: *комплексна зелена зона міста* – це єдина система озелених, обводнених, вкритих рослинним покривом територій міста і приміської зони, яка формує систему взаємопов'язаних елементів ландшафту міста (містечка, групи міських населених місць) і прилеглому району, що забезпечує комплексне вирішення питань озеленення й обводнення території, охорони природи й рекреації і спрямована на поліпшення праці, побуту та відпочинку громадян.

До структурних елементів комплексної зеленої зони міста відносять: загальноміські ландшафтно-рекреаційні території, ландшафтно-рекреаційні території житлових районів, вулиці, дороги, промислові території, санітарно-захисні зони, ліси та міські ліси, автомобільні дороги, озеленені території приміських населених пунктів, установи відпочинку, туризму і спорту, полезахисні смуги, сади і виноградники, сільськогосподарські землі та водойми.

Відповідно складовими елементами комплексної зеленої зони міста є: міські сади і парки, парки і сади житлових районів, бульвари, сквери, алеї, ділянки зеленого будівництва і господарства різних установ і територій, лісопарки, лугопарки, гідропарки, лісові масиви у межах міста, території садів та виноградників, поля, городи, сіножаті, пасовища, водойми.

Комплексна зелена зона міста складається з ядра, що включає внутрішньоміські зелені масиви, і зовнішньої зони. Її об'єкти класифікують згідно територіальної ознаки і функціонального призначення. У ядрі виділяють:

- мікрорайони і житлові групи (квартали);
- об'єкти озеленення загального користування і спеціального призначення;
- об'єкти озеленення вулиць, магістралей, площ;
- об'єкти озеленення промислових територій.

До зовнішньої зони входять:

- позаміська забудова і промислові території, курорти і місця відпочинку;
- дороги;
- лісові масиви – приміські ліси, лісопарки, захисні насадження, полезахисні та інші смуги;
- сади, виноградники, розсадники, неозеленені землі (сільськогосподарські та ін.);
- водоймища.

За функціональним призначенням зелені насадження внутрішньої частини комплексної зеленої зони міста поділяють на три групи: загального користування, обмеженого користування та спеціального призначення.

До зелених насаджень *загального користування* належать приміські лісопарки, міські парки культури й відпочинку, районні парки, інші спеціалізовані парки, міські сади і сади житлових районів, сквери, бульвари, алеї.

Зелені насадження *обмеженого користування* – це озеленені території мікрорайонів, закладів охорони здоров'я, дитячих садів, шкіл, вищих навчальних закладів, професійно-технічних навчальних закладів, спортивно-оздоровчих та культурно-освітніх установ, санаторіїв, приватних підприємств, складських зон тощо.

Зелені насадження *спеціального призначення* включають насадження на міських вулицях та автомагістралях, території санітарно-захисних і водоохоронних зон, протиерозійні та вітрозахисні насадження, ботанічні й зоологічні сади, насадження на територіях розсадників, квіткових господарств, плодкових садів приміських господарств, на кладовищах.

Відповідно до Правил утримання зелених насаджень, об'єктами благоустрою у сфері зеленого господарства населених пунктів є:

- 1) парки, парки-пам'ятки садово-паркового мистецтва, гідропарки, лугопарки, лісопарки, буферні парки, районні сади;
- 2) дендрологічні парки, національні, меморіальні та інші;
- 3) сквери;
- 4) міські ліси;
- 5) зони рекреації;
- 6) зелені насадження в охоронних та санітарно-захисних зонах;
- 7) прибережні зелені насадження;
- 8) зелені насадження прибудинкових територій.

Планування системи озеленення міста здійснюється послідовно, спочатку на рівні генерального плану міста; далі плану планувального району і потім проекту детального планування житлового району і мікрорайону. Існують різні підходи до організації систем озеленення: перший, коли система озеленення має підлеглий характер і залежить від планувальної структури міста, і другий, коли зелені масиви системи формують планування міста. Виділяють також декілька видів розміщення озелених територій у плані міста: центричне, периферійне, групове, лінійно-смугове.

### **Завдання до виконання лабораторної роботи**

**Завдання 1.** Скласти списки видів рослин різних парків (або водно-болотних комплексів) м. Запоріжжя.

**Завдання 2.** Вивчити структуру угруповань рослин парків міста: таксономічна, біологічна, біоморфологічна, хорологічна, екологічна.

**Завдання 3.** Встановити площу парків та ізолятів інших видів.

**Завдання 4.** Проаналізувати склад рослинних угруповань міста та оцінити їх подібність.

**Завдання 5.** Побудувати графік залежності «видове багатство рослинних угруповань – площа ізоляту».

### **Вихідні дані для аналізу**

Запоріжжя – адміністративний центр Запорізької області, розміщений на р. Дніпро. За рівнем промислового потенціалу Запоріжжя замикає п'ятірку найбільших індустріальних центрів України. Розвиток Запоріжжя складався таким чином, що найбільші промислові підприємства виявились у безпосередній близькості до житлової забудови. У результаті значна частина житлової забудови (до 70%) знаходиться в зонах впливу промислових підприємств.

В кінці 50-х та в 60-х роках почалося планомірне озеленення територій промислових підприємств міста. Створювалися лісозахисні санітарні зони, для яких підбирали газостійкі породи дерев та кущів. В цей час було закладено парк культури та відпочинку «Дубовий гай» та парк «Перемоги».

Згідно рішень Запорізького облвиконкому 1972–1984 рр. 5 парків було визнано парком-пам'яткою садово-паркового мистецтва, зокрема, парк «Енергетиків», «Алея слави», парк ім. Т.Г. Шевченка, парк залізничної станції Запоріжжя-II. Їм присвоєно цей статус як паркам, в яких ростуть дерева та чагарники багатьох видів, в тому числі і екзоти, що мають велику естетичну цінність. Крім цього, парк по вул. Кремлівській має наукову та історичну цінність завдяки віковичному екземпляру глоду у віці близько 400 років. Центральний парк культури та відпочинку «Дубовий гай» було визнано пам'яткою природи місцевого значення, так як до його складу входять 5 га заповідної зони, де ростуть дуби, яким близько 300 років. Статус парк-пам'ятка садово-паркового мистецтва отримав і Запорізький ботанічний сад площею 12 га.

На 2010 рік у Запоріжжі, за даними міського управління з питань екології, налічується 19 парків із загальною площею близько 190 га, а також 71 сквер, із загальною площею близько 90 га. Загалом, площа всіх зелених насаджень складає більше 500 га.

Важливим показником для оцінки забезпеченості міста зеленими насадженнями є норма озеленення – площа озелених територій загального користування, яка припадає на одного мешканця.

За даними КСП «Запоріжзеленгоспу» на одного мешканця міста приходиться 22,9 м<sup>2</sup> зелених насаджень загального користування, що значно



перевищує норму, яка становить  $14,5 \text{ м}^2/\text{особину}$ , з урахуванням кліматичної зони та впливу промислових підприємств I-го та II-го класу шкідливості.

Таке високе значення норми озеленення в Запоріжжі обумовлюється значними площами зелених насаджень о. Хортиця та прилеглих островів, які відносяться до території Запоріжжя. В 1993 році острову Хортиця було присвоєно статус національного заказника.

Для житлових районів показник норми озеленення становить  $8,5 \text{ м}^2/\text{особину}$ , з урахуванням тих же умов, що і для міста. Порівняння його значення в різних адміністративно-територіальних районах Запоріжжя свідчить, що в Заводському, Олександрівському та Вознесенівському він найбільший і навіть перевищує норму. Найменші значення норми озеленення в Комунарському та Шевченківському районах.

### **Контрольні питання:**

1. Поясніть, які території міста відносять до озелених?
2. Дайте визначення поняття «комплексна зелена зона» міста. Поясніть, які структурні елементи її складають?
3. Дайте характеристику зеленим насадженням загального користування.
4. Поясніть, з якою метою проводять нормування в озелененні населених пунктів?
5. Поясніть, якою є оптимальна забезпеченість міста зеленими насадженнями?
6. Поясніть, якими шляхами та засобами відбувається проникнення деяких видів рослин у міста?

## **ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 11**

**Тема:** Санітарно-гігієнічне оцінювання зелених рослин у населених пунктах.

**Мета:** оволодіти методикою санітарно-гігієнічного оцінювання зелених рослин у населених пунктах. Оцінити об'єми утвореного опалого листя та встановити кількість накопичених шкідливих речовин зеленими насадженнями.

**Обладнання та матеріали:** табличні дані щодо поглинання рослинами забруднюючих речовин із повітря міської території, спеціальна виделка (великий штангенциркуль), рулетка, довідникові посібники, калькулятор.

### **План вивчення теми**

- 1) Система міських зелених насаджень.
- 2) Озеленені території.
- 3) Рослинний матеріал у міському зеленому будівництві.
- 4) Формування зелених насаджень, їх утримання і догляд.
- 5) Санітарно-гігієнічні роль зелених насаджень.

### **Питання до самопідготовки:**

1. Фітоценози міста та приміської зони.
2. Лісова та лучна рослинність.
3. Рослини водойм і зволжених місцезростань.
4. Паркові угруповання рослин.
5. Еколого-фітоценотичні закономірності просторового розміщення рослинного покриву міста.

### **Теоретичний відомості**

#### ***Санітарно-гігієнічні функції зелених насаджень.***

*Очищення приземного шару повітря.* Зелений масив, що знаходиться на шляху забрудненого повітряного потоку сприяє зниженню його швидкості, в результаті чого частина пилу осідає на поверхні листя, хвої, гілок, стовбурів і під час дощу або поливу змивається на землю. Розповсюдженню пилу добре перешкоджають і газони. Пилозатримуючі властивості різних порід дерев і чагарників неоднакові. Зокрема, опушене або клейке листя затримує значно більше пилу, ніж гладке.

У зоні зелених насаджень запиленість повітря у 2–3 рази менше, ніж на відкритих міських територіях. Наприклад, деревні насадження зменшують запиленість повітря у вегетаційний період на 42,2%, а за відсутності листяного покриву – на 37,5%. Навіть порівняно невеликі міські сади знижують запиленість міського повітря у літній час на 30–40%.

Зелені насадження, поглинаючи з повітря шкідливі гази і нейтралізуючи їх у тканинах, сприяють збереженню газового балансу в атмосфері, біологічному очищенню приземного повітря. На використанні газоочисних властивостей деревно-чагарникових насаджень заснований принцип устрою санітарно захисних зон. Шкідливі гази, зокрема карбон (IV) оксид, поглинаються рослинами, а тверді частинки аерозолів осідають на листках, стовбурах і гілках рослин. Посадки, розташовані упоперек потоку забрудненого повітря, розбивають первинний концентрований потік на різні напрями. Шкідливі викиди розбавляються чистим повітрям, і їх концентрація у повітрі зменшується. Найбільш активно зелені насадження знижують вміст газів у повітрі, коли листя на деревах найбільше. Наприклад вміст карбону (IV) оксиду після появи листя зменшується у 22,5 рази у порівнянні з безлистим періодом.

Дія деревної рослинності на вміст шкідливих хімічних сполук у міському повітрі виявляється також у здатності дерев до окислення пари бензину, гасу, ацетону і т. ін. Крім того, зелені насадження здатні уловлювати і радіоактивні речовини, що містяться в повітрі. Листя і хвоя дерев можуть поглинати до 50% радіоактивного йоду. Поглинаються рослинами й різні речовини, що містяться у ґрунті, наприклад, важкі метали. Підраховано, що рослинність поглинає з повітря і зв'язує 50–60% токсичних газів, тоді як атмосферна волога – 5–20%, ґрунти 5–10%, водойми і тварини – менше 5%.

*Збагачення приземного шару повітря киснем.* Оптимальна норма споживання кисню – 400 кг/рік на одну людину, тобто стільки, скільки його продукує 0,1–0,3 га міських насаджень. За рекомендаціями Всесвітньої

організації охорони здоров'я (ВОЗ), на одного городянина має припадати 50 м<sup>2</sup> міських зелених насаджень і 300 м<sup>2</sup> приміських.

Зелені рослини відіграють значну роль у збагаченні навколишнього середовища киснем і поглинанні карбону (IV) оксиду. Дерево середньої величини за 24 год. відновлює стільки кисню, скільки необхідно для дихання трьох чоловік. За один теплий сонячний день гектар лісу поглинає з повітря 220–280 кг карбону (IV) оксиду і виділяє 180–220 кг кисню.

Різні рослини здатні виділяти різні кількості кисню: бузок за період вегетації виділяє з поверхні листя площею 1 м<sup>2</sup> 1,1 кг кисню, осика – 1,0 кг, граб – 0,9 кг, ясен – 0,89 кг, дуб – 0,85 кг, сосна – 0,81 кг, клен – 0,62 кг, липа дрібнолиста – 0,47 кг.

Рослини розрізняються також і за ефективністю газообміну: якщо ефективність газообміну ялини прийняти за 100%, то у модрини вона складе 118, сосни звичайної – 164, липи крупнолистяної – 254, дуба черешчатого – 450, тополі берлінської – 691%.

Найважливішою властивістю рослин є також їх здатність зменшувати бактеріальну забрудненість повітря, підвищувати його іонізацію, збагачувати різного роду фітонцидами, що позитивно впливає на людину.

Зелені насадження утримують збільшують кількість легких негативно заряджених іонів і сприяють зменшенню кількості важких іонів, які виникають у результаті з'єднання легких іонів з важкими ядрами конденсації. Так, вміст легких іонів у міських парках складає близько 800–1200 тис./см<sup>3</sup>, у дворах «колодязях» 500 тис./см<sup>3</sup> (у закритих багатолюдних приміщеннях – 25–100 тис./см<sup>3</sup>). У лісовому повітрі ступінь іонізації кисню у 2–3 рази більше, ніж у морському або у повітрі над лугом, і у 5–6 разів більше, ніж у міському. Підвищена конденсація важких іонів погіршує видимість, негативно впливає на дихання людей, викликає утомленість, а легкі негативні іони покращують діяльність серцево-судинної системи. Як показали дослідження, проведені в Парижі і його околицях, у одному см<sup>3</sup> міського повітря міститься 86 позитивних і 66 негативних легких іонів, а також 16,7 тис. важких іонів, тоді як в приміській зоні – 345 позитивних і 283 негативних легких іонів і 1,6 тис. важких.

Ступінь іонізації залежить від видового складу і віку рослин. Такі рослини, як ялина європейська (*Picea abies*), сосна звичайна (*Pinus sylvestris* L.), дуб червоний (*Quercus rubra* L.) і черешчатий (*Quercus robur* L.), береза бородавчаста (*Betula pendula* Roth.), біла акація (*Robinia pseudoacacia*), клен білий (*Acer pseudoplatanus*) і сріблястий (*Acer saccharinum*), тополя чорна (*Populus nigra* L.) і пірамідальна (*Populus pyramidalis*), верба звичайна (*Salix* L.) і біла (*Salix alba*), горобина звичайна (*Sorbus aucuparia*), бузок звичайний (*Syringa vulgaris*), туя західна (*Thuja occidentalis*), ялівець козацький (*Juniperus sabina*) сприяють збільшенню рівня іонізації повітря – концентрація легких іонів під їх кронами досягає 500 іонів/см<sup>3</sup>. Найбільше покращують іонний режим атмосферного повітря змішані хвойно-листяні насадження.

Багато рослин виділяють *фітонциди* – леткі речовини, здатні знищувати хвороботворні бактерії або гальмувати їх розвиток і тим самим оздоровлювати

навколишнє середовище. Фітонциди вбивають туберкульозну паличку, білий і золотистий стафілокок, гемолітичний стрептокок, холерний вібріон та ін. Активними джерелами фітонцидів є біла акація (*Robinia pseudoacacia*), туя західна (*Thuja occidentalis*), кінський каштан (*Aesculus hippocastanum*), сосна звичайна (*Pinus sylvestris* L.), різні види дубів. Один гектар ялівцевих насаджень за добу виділяє 30 кг фітонцидів – цієї кількості достатньо для знищення усіх мікробів у великому місті. Спостереження показали, що повітря парків містить у 200 разів менше бактерій, ніж повітря вулиць.

Ступінь фітонцидності у значній мірі залежить від вегетаційного стану рослин. Найбільша протимікробна активність відмічається у період брунькування і цвітіння. В основному рослини проявляють фітонцидні властивості влітку, і лише деякі – взимку. Фітонцидна активність залежить також від метеорологічних чинників – зменшується у похмуру і дощову погоду і збільшується у теплу сонячну.

*Зниження рівня звукового забруднення.* Зелені насадження знижують рівень міського шуму, послаблюючи звукові коливання у момент проходження їх крізь гілки, листя і хвою. Звук, потрапляючи у крону, переходить як би в інше середовище, яке має значно більший, ніж повітря, акустичний опір, відбиває і розсіює до 74% і поглинає до 26% звукової енергії. Влітку насаджень знижують шум на 7–8 дБ, взимку – на 3–4 дБ.

Ефект зниження шуму залежить від характеру посадок, породи дерев і чагарників, густини крони, густини листя, пори року, а також від сили шуму, що проходить через насадження. Щільні, зімкнуті по вертикалі насадження знижують рівень шуму на 15–18 дБ. При проходженні акустичної енергії через рослинність рівень шуму знижується пропорційно біомасі. У середньому крони дерев поглинають до 25% падаючої на них звукової енергії і приблизно 75% цієї енергії відбивають і розсіюють. Кращі шумопоглинаючі властивості мають густі багатоярусні насадження з деревних і чагарникових порід.

*Поліпшення мікроклімату міст.* Зелені насадження покращують мікроклімат міської території, запобігають надмірному перегріву ґрунту, стін будівель, тротуарів, створюють більш комфортні умови для відпочинку на відкритому повітрі.

В літній день температура повітря на вулиці становить 29–30°C, то у сквері мікрорайону вона не перевищуватиме 22–24°C. Температуру повітря здатні знижувати навіть трав'янисті газони: у жаркий день на доріжці біля газону температура повітря на висоті зросту людини майже на 2,5°C нижче, ніж на асфальтованій мостовій. Інтенсивність загальної сонячної радіації на відкритій міській території у сонячні дні досягає 4,1 Дж/см<sup>2</sup> за хвилину, тоді як серед зелених насаджень – 0,5 Дж/см<sup>2</sup>. Сумарна сонячна радіація під кроною окремих видів дерев майже у 9 разів менше, ніж на відкритому просторі.

*Гігієнічне значення зелених насаджень* полягає у тому, що вони значно знижують теплову радіацію, тому теплові відчуття людини ближче до комфортних саме серед зелені. За даними гігієністів, зона комфортності знаходиться у межах 17,2–21,7°C. Система крупних зелених масивів знижує інтенсивність «теплого острова». Середній трансформаційний ефект системи

озеленення становить 1,2–3,2°C.

*Вологість повітря і вітровий режим.* На теплові відчуття людини сильно впливає не тільки температура повітря, але і його вологість – різні комбінації температури, відносної вологості і швидкості вітру створюють однакові сприйняття теплового ефекту. Підвищення відносної вологості повітря сприймається людиною у більшості випадків як пониження температури – підвищення вологості на 15% сприймається людським організмом як пониження температури на 3,5°C.

У районах міської забудови, позбавлених насаджень, відносна вологість повітря в середньому нижче на 15–18%, ніж в приміському лісі, на 11–12% – ніж у міському парку і на 8–10% – ніж на бульварі і у сквері. Збільшення відносної вологості повітря пов'язане з випаровувальною здатністю рослинного покриву. Поверхня, вкрита рослинністю, випаровує в десятки разів більше вологи, ніж позбавлена зелені. З одного м<sup>2</sup> газону випаровується до 200 г/год. води, один га лісу за годину випаровує в атмосферу 1–4,5 тис. т вологи. Завдяки великому випаровуванню води листям, зелені насадження збільшують корисну для людини вологість довкола себе до 30%. Вплив рослинності на вологість повітря розповсюджується на висоту дерева. Підраховано, що освіжаючий ефект одного дерева, що росте у сприятливих умовах, еквівалентний ефекту функціонування 10 кімнатних кондиціонерів.

Зміни температури і відносної вологості повітря проявляються в безпосередній близькості від міських зелених насаджень. При ізольованому розміщенні насаджень і компактній міській забудові зміни температури і вологості повітря спостерігаються на відстані 70–100 м, а при об'єднанні міських і заміських насаджень в єдину систему в поєднанні з вільною забудовою – на 200–300 м. Для підвищення ефективності впливу зелених насаджень на мікроклімат прилеглих територій рекомендується створювати в містах рядові посадки, сквери, алеї, смуги шириною 25–50 м через кожні 400–500 м.

Зелені масиви (кліни) площею понад 600–1000 га покращують якість атмосферного повітря прилеглої забудови на відстані 2–4 км. При концентрації шкідливих інгредієнтів (по сумі показників) знижуються у 2–3 рази. Такі масиви покращують радіаційний режим міської атмосфери: на прилеглий забудованій території збільшується інтенсивність видимої і ультрафіолетової радіації на 15–25%, знижується чинник туманності на 10–30%, а аерозольне помутніння – на 20–40%. Слід підкреслити, що в реальних умовах міського середовища лише значні за площею зелені масиви здійснюють помітний вплив на мікроклімат (у тому числі на тепловий режим) території. Саме тому слід прагнути розширення площі зелених насаджень у містах до нормативних рівнів – 60% від забудованої території.

Сучасні урбоекосистеми характеризуються інтенсивними потоками речовини та енергії в просторі та часі, а опале листя, в такому контексті, слід розглядати як один з етапів і елементів кругообігу хімічних речовин в умовах міського середовища. Однак сучасне місто формується і розвивається в умовах інтенсивного антропогенного навантаження на природні компоненти

урбоекосистеми, в зв'язку з чим, листяні дерева, які виростили в умовах значного забруднення атмосферного повітря, в силу своїх сорбційних властивостей, є універсальними поглиначами цілого ряду забруднюючих речовин (наприклад, важких металів), що ускладнює вибір схеми поводження з опалим листям. На даному етапі в Україні реалізується наступна схема поводження з опалим листям: під керівництвом місцевих структур ЖКГ, в осінній період, проводиться збір листя і, в найбільш оптимістичному варіанті, вивезення на полігони твердих побутових відходів; при найгіршому сценарії, в деяких віддалених районах великих міст збір опалого листя не проводиться взагалі.

Якщо ж опале листя все ж таки зібрано, на передній план висувається наступна важлива, практично не вирішена в Україні, проблема утилізації листя. Природні процеси розкладання біомаси листя уповільнені і складають, в залежності від вологості середовища, більше двох років. Утилізація рослинної біомаси в сміттєнакопичувачах вимагає значних витрат, а спалювання такої сировини призводить до забруднення атмосфери і заборонено чинним законодавством.

При згорянні однієї тони рослинних залишків у повітря вивільняється біля 9 кг мікрочастинок диму. До їх складу входять пил, окиси азоту, чадний газ, важкі метали і низка канцерогенних сполук. В тліючому без доступу кисню листі виділяється бензапірен, що здатен викликати у людини ракові захворювання. Окрім того, з димом у повітря вивільняються діоксини – одні з найотрутіших для людини речовин.

Окрім безпосередньої загрози людському здоров'ю, спалювання листя і сухої трави призводить до таких загроз довкіллю:

1. В сухому листі згорають зимуючі корисні комахи, такі як сонечка. Їх здобич – попелиці, лишаються зимувати на стадії яйця на гілках. Спалюючи листя восени ми створюємо умови для розвитку попелиць навесні.

2. Спалювання листя призводить до руйнації ґрунтового покриву, адже безпосередньо вигорають рослинні залишки, гинуть ґрунтоутворюючі мікроорганізми. Крім того, вони гинуть і від утворюваних при горінні важких металів.

3. За нормальних умов, коли листя перегниває, необхідні для розвитку рослин речовини повертаються в ґрунт. При згорянні ж утворюється зола. Не зважаючи на загальноприйнятну думку, зола – дуже погане добриво і, таким чином, спалювання листя щороку призводить до більшого збіднення ґрунту.

4. На природних ділянках і газонах вогонь знищує насіння і коріння трав'янистих рослин, пошкоджує нижні частини дерев і кущів та верхні частини їх коріння.

5. Знищення природної листяної підстилки призводить до збільшення в 2–4 рази промерзання ґрунту.

6. Дим від вогнищ, в туманні дні може утворювати смог і на довго зависати у повітрі. В цьому випадку погіршується видимість на дорогах, що призводить до збільшення частоти дорожньо-транспортних пригод, аварій. Окрім того, потрапляючи в легені, смог викликає суттєве погіршення здоров'я людини.

7. Задимлені населені пункти використовують для освітлення значно більше електроенергії.

### Завдання до виконання лабораторної роботи

**Завдання 1.** Охарактеризувати деревні насадження поблизу навчального закладу та житлового будинку та визначити масу листя окремо взятого дерева за допомогою рівняння М. Бібіча. Отримані показники занести до табл. 27.

Таблиця 27 – Характеристика деревного насадження

Дерева, що вибрані як «середні» для даного насадження	Діаметр стовбура, см	Фітомаса листя, кг	
		Сира	Суха
1.			
2.			
3.			
4.			
5.			
Усереднений показник з 5-ти дерев			

**Завдання 2.** Здійснити оцінювання поглинання та виділення речовин деревами. Результати занести до табл. 28.

Таблиця 28 – Оцінювання поглинання та виділення речовин деревами

Загальна площа насадження, га	Фітомаса листя, кг/га		Поглинання, кг/га				Виділення, кг/га		
	сира	суха	Pb	Пил	CO <sub>2</sub>	SO <sub>3</sub>	O <sub>2</sub>	Фітонциди	Волога

**Завдання 3.** Зробити висновки та запропонувати шляхи утилізації опалого листя.

### Схема виконання:

Здатність зелених рослин поглинати з повітря ряд небезпечних для здоров'я людини речовин та виділяти кисень і бактерицидні речовини дозволяє розглядати насадження, як важливий фактор покращання якості повітряного середовища у містах, а зелене будівництво – як засіб біологічного доочищення середовища від антропогенних забруднювачів.

Щоб виконати санітарно-гігієнічне оцінювання насаджень, необхідно мати дані про запас фітомаси листя на деревах, площу зеленого покриття (тобто площу проєкції крон дерев на поверхню ґрунту), питомі показники, що характеризують названі вище функції зелених рослин.

Для зручності можна використати питомі показники «середньої породи». Вони отримані шляхом усереднення характеристик (відомих з літератури) для багатьох порід дерев і чагарників, та були позначені як показники «середньопорідного дерева» (табл. 29).

Здатність рослин до очищення повітря від забруднювачів складає за період вегетації (150 діб) у середньому:

- 1 кг листя тополі (у розрахунку на суху масу) поглинає у середньому понад 150 г SO<sub>2</sub>, ясена – 18 г, липи – 10 г, акації білої – 69 г, в'язу – 39 г;
- 25-річне дерево тополі поглинає CO<sub>2</sub> 44 кг, дубу – 28 кг, липи – 16 кг, ялинки – 6 кг;
- доросле дерево в'язу осаджує 28 кг пилу, верби – 38 кг, клену – 28–33 кг, тополі – 34 кг, шовковиці – 31 кг, ясена – 27 кг, каштану – 16 кг.

Якщо на дослідній території є газони, то треба враховувати і їх роль у покращанні якості середовища, а саме: 1 га зеленого газонного покриття за вегетацію виділяє від 10000 до 12000 м<sup>3</sup> кисню, затримує у 10 разів більше пилу, ніж деревинні насадження тієї ж площі.

Для визначення маси листя окремого дерева необхідно виконати рекогносцирувальні і натурні дослідження, а також їх камеральну обробку. З цією метою на кожній дослідній ділянці необхідно провести вимірювання діаметру стовбурів дерев на висоті ~1,3 м кожного 5-го дерева. Вимірювання можна проводити спеціальною виделкою (великий штангенциркуль) або через довжину кола за формулою  $S=2\pi R=\pi D$ . Для цього у кількох дерев вимірюється довжина кола стовбура, потім значення використовується для визначення діаметра за формулою (31):

$$D = \frac{S}{\pi}, \quad (31)$$

де  $D$  – діаметр;

$S$  – довжина кола;

$\pi$  – постійне число, що дорівнює 3,14.

У дослідному насадженні з 15-ти дерев обирають 5 середніх за висотою. Для кожної категорії дерев певного діаметру обчислюємо орієнтовну масу зеленого і сухого листя. Орієнтовна маса листя з окремого дерева визначається за розрахунковим рівнянням М. Бабіча (32):

$$M_w = -1,307 + 0,93 \cdot D - 0,114 \cdot D^2 + 0,01 \cdot D^3, \quad (32)$$

де  $M_w$  – маса листя, кг;

$D$  – діаметр стовбура на висоті 1,3 м від поверхні ґрунту, см.

Розрахувати загальний запас сирової фітомаси на ділянці дослідження можна за формулою (33):

$$M_{w_{\Sigma n}} = M_{cp} \cdot n, \quad (33)$$

де  $M_{cp}$  – середнє значення сирової фітомаси на ділянці, кг;



$n$  – загальна кількість дерев на ділянці.

Розрахунок сухої маси листя  $Md$  кожного вибраного дерева виконується виходячи з припущення, що суха маса листя становить 15% від сирої маси за формулою (34) (не враховуючи десяткові числа після коми):

$$Md_1 = \frac{(Mw_1 \cdot 15)}{100}, \quad (34)$$

На підставі показників запасу сирої фітомаси листя, отриманих згідно рівняння М. Бібіча, а також показників площі крон дерев виконують перехід до кг/га насадження і, користуючись питомими характеристиками (табл. 29), приступають до оцінювання санітарно-гігієнічної характеристики насаджень.

Таблиця 29 – Питомі показники «середньопорідного» насадження

Показник	Поглинання		Виділення	
Вуглекислий газ, т/га	5–10	7,5	–	–
Кисень, т/га	–	–	10–20	15
Випаровування води, т/га	–	–	2000–3000	2500
Пил, т/га	14–65	31,6	–	–
SO <sub>2</sub> , г/кг сухого листя	10–150	62,6	–	–
Свинець, г/га	370–380	375	–	–
Фітонциди, кг/га	–	–	200–500	350

Для визначення абсолютно сухої зеленої маси однопорідного насадження можна скористатися показниками, наведеними у роботах О. Ватковського, т/га:

- насадження дубу: 5-річні – 0,65; 14–15-річні – 1,46–3,7; 30-річні – 2,45; 35–40-річні – 2,72–2,90; 70-річні – 2,75; 110-річні – 4,0;
- насадження гледичії та акації: 5-річні – 2,11; 10-річні – 2,2; 28-річні – 1,66; 43-річні – 2,02;
- ялинкові насадження: 15-річні – багаторічна хвоя – 1,9 (хвоя поточного року – 0,74); 30-річні – 18,9 (4,45); 80-річні – 15,7 (3,0);
- насадження сосни: 29-річні – багаторічна хвоя – 7,89 (хвоя поточного року – 2,17), 56-річні – 8,5 (2,45), 130-річні – 3,50 (1,20).

Основним методом утилізації сухого листя у місті Запоріжжя є його збір і вивезення на звалище твердих побутових відходів. З розрахунків зрозуміло, що це достатньо велика маса, що потребує оперативного і дієвого інженерно-технічного методу переробки. Наразі, під час складування опале листя може перемішуватись із побутовими відходами і в процесі розкладання виділяти небезпечні сполуки. Отримані дані дозволять наочно продемонструвати неприпустимість спалювання пожовклого листя восени, під час якого фактично за декілька днів повертається у повітря значна кількість шкідливих речовин, що накопичувалися рослинами протягом всього вегетаційного періоду.

**Контрольні питання:**

1. Поясніть, на які групи поділяють зелені насадження за їх функціональною ознакою?
2. Поясніть, у чому полягають спільні та відмінні риси інтродукованих та адвентивних видів?
3. Поясніть, які типи популяційних стратегій та екологічні групи є представленими серед інтродукованих і адвентивних видів?
4. Поясніть, які урбогенні пошкоджуючі фактори негативно впливають на інтродуковані види рослин?
5. Поясніть особливості водного режиму деревних рослин.
6. Поясніть, які критерії використовують для оцінки життєвості деревних порід?

**Розділ 4****ВПЛИВ ГОЛОВНИХ ТЕХНОГЕННИХ ЧИННИКІВ УРБОЕКОСИСТЕМ НА БІОСФЕРУ ТА ЗДОРОВ'Я ЛЮДИНИ.****ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 12**

**Тема:** Тверді побутові відходи та їх загальна характеристика.

**Мета:** набути навичок щодо кількісного та якісного аналізу побутових відходів; з'ясувати шляхи зменшення або рециклізації кожної категорії відходів.

**Обладнання та матеріали:** пакети поліетиленові, ваги, довідкові посібники, калькулятор.

**План вивчення теми**

- 1) Класифікація відходів.
- 2) Змішані відходи.
- 3) Радіоактивні відходи.
- 4) Морфологічний склад твердих побутових відходів.
- 5) Об'єми та норми накопичення твердих побутових відходів.

**Питання до самопідготовки:**

1. Структура утворення та накопичення відходів.
2. Аналіз сучасного стану утворення промислових відходів.
3. Стан утворення небезпечних відходів.
4. Аналіз сучасного стану поводження з побутовими відходами в Україні.
5. Аналіз екологічного законодавства України щодо поводження з відходами.

**Теоретичний відомості**

**Класифікація відходів.** Відходи – це продукти, які виникли як побічні, безкорисні або небажані в результаті виробничої та невиробничої діяльності людини та, які підлягають знищенню, переробці або похованню.

*Тверді побутові відходи* – суміш органічних та неорганічних компонентів складного складу (чорні та кольорові метали, макулатура, текстильні компоненти, кераміка, пластмаса, рослинні відходи тощо), багато з яких, в тому числі метали, попадають в тверді побутові відходи після одного разу використання. Враховуючи той факт, що відходи є з однієї сторони головними забруднювачами навколишнього середовища, а з іншої уявляють собою ресурсноцінні компоненти твердих побутових відходів, потенційно можна використовувати для переробки та вторинного використання є актуальною проблемою раціонального управління муніципальними відходами. Неконтрольоване та непрогнозоване поводження з відходами може привести до серйозних екологічних наслідків та представляє собою загрозу основі існування всього людства.

Однією з найважливіших екологічних проблем в Україні є накопичення відходів, які несуть у собі небезпеку для навколишнього середовища. Відповідно класифікаційному каталогу, до відходів відносять утворені в процесі виробництва та споживання залишків сировини, матеріалів, напівфабрикатів або продуктів, а також товари та вироби, які втратили свої споживчі властивості.

Існує кілька класифікацій відходів:

1) Всі утворені відходи принципово можна розділити на дві великі групи – відходи споживання та відходи виробництва:

- до відходів виробництва відносять продукти, які утворюються як побічні при створенні кінцевого продукту;
- до відходів споживання відносять товари та вироби, які відслужили свій строк в побуті, а також непотрібні людині продукти або їх залишки, створенні в системі міського господарства: тверді побутові відходи, крупногабаритні матеріали, побутова техніка та меблі, які відслужили свій термін, крупногабаритні гумові відходи, відпрацьовані акумулятори, ртутні лампи, автолом, електронний лом (радіо- та телеапаратура).

2) Побутові, промислові, сільськогосподарські.

3) Виходячи з агрегатного стану можна поділити на тверді, рідкі та газоподібні.

4) Класифікаційний каталог відходів призначений для використання в системі державного та муніципального управління відходами та має кодову систему. Каталог відходів уявляє собою перелік видів відходів, систематизованих за сукупністю пріоритетних ознак:

- за походженням відходів;
- за агрегатним станом;
- за хімічним станом;
- за екологічною небезпекою.

*Вид відходу* – сукупність відходів, які мають однакові класифікаційні ознаки та за хімічним складом відносяться до одного і того ж класу небезпеки.

Каталог відходів має п'ять рівнів класифікацій, які розташовані за ієрархічною ознакою: блоки, групи, підгрупи, позиції, субпозиції. Вищим рівнем класифікації є блоки, сформовані за ознакою походження відходів. Всього на сьогодні сформовано чотири блоки:

- відходи органічного природного походження (тваринного, рослинного);
- відходи мінерального походження;
- відходи хімічного походження;
- відходи комунальні (в тому числі побутові).

5) В міжнародній класифікації – промислові відходи – до них відносять різноманітні відходи, створених в результаті виробничої діяльності людини (в промисловості, будівництві, сільському господарстві, на транспорті).

6) При вмісті у відходах тих чи інших хімічних речовин визначається концентрацією, їх виділяють в окремий клас та називають небезпечними.

7) У ряді випадків використовуються класифікації відходів за певними можливостями їх утилізації.

8) При вирішенні проблеми твердих відходів необхідно виділити багатотоннажні відходи, оскільки саме ці відходи в найбільшій мірі забруднюють навколишнє середовище і в той самий час можуть дати максимальний ефект при залученні в господарчий оборот.

Для практичного рішення питань переробки, використання та безпечного видалення багатотоннажних відходів, а також для аналітичної оцінки їх утворення, тверді відходи зручно класифікувати за ознакою їх принципового хімічного складу на групи: містять переважно органічні речовини, неорганічні речовини, змішані відходи.

В більшості випадків відходи кожного виду потребують своїх методів переробки, змішування відходів забороняється. Навіть, якщо для переробки відходів одного і того ж виду використовується принципово один й той самий метод спалювання, безконтрольна термообробка не завжди можлива. Багатотоннажні неорганічні металовмісні відходи є додатковим сировинним джерелом отримання металів.

Багатотоннажні неорганічні неметалічні відходи гірничо-збагачувального виробництва частіше за все використовується для закладки виробленого простору і в якості сировини для виробництва будівельних матеріалів та в дорожньому будівництві. Група органічних відходів характеризується можливістю використання для їх переробки та ліквідації термічних методів для самостійних процесів чи в комбінації з іншими процесами. В той самий час чимало органічних відходів, які можна використовувати за прямим призначенням в якості сировинних матеріалів основного виробництва: макулатура – в виробництві картону та паперу; деревні відходи – для виробництва меблі та будівельних матеріалів; пластмасові відходи – для виробництва пластмасових виробів; гумові відходи – для виробництва гуми.

*Змішані відходи* – найбільш складні для переробки та використання. Більшість цих відходів є металовмісні і часто переробляються заради отримання металу. Наявність в змішаних відходах органічних речовин робить потенційно можливим використання в процесах їх переробки термічних методів. Змішані відходи є багатокомпонентними і тому потребують комбінованої переробки з застосуванням різноманітних методів, які забезпечують комплексність їх використання в процесах їх переробки.

До *радіоактивних відносять відходи*, які утворюються при роботах з радіоактивними речовинами. Ці відходи характеризуються підвищеним шкідливим впливом на організм людини та навколишнє середовище. Основна задача – знешкодження для подальшого безпечного видалення та захоронення.

Таким чином, вирішальною умовою вибору напрямків переробки того чи іншого відходу є принциповий хімічний склад відходу, його вид та конкретні потреби в той чи іншій продукції.

*Морфологічний склад твердих побутових відходів.* Щорічний аналіз санітарної очистки показує, що в морфологічному складі побутових відходів доля полімерних матеріалів зростає, якщо в 1985 році доля полімерних матеріалів в твердих побутових відходах складала 1,5–2%, то на сьогодні досягає в густонаселених регіонах 8–12%. Накопичення ресурсноцінних компонентів в складі твердих побутових відходів зростає, особливо полімерних відходів, та випереджує можливості їх переробки, так як методи повторного використання їх у вигляді грануляту вторинної сировини ще не знайшли широкого поширення.

Тверді побутові відходи різноманітні за складом. Побутові відходи включають в себе різноманітні складачі компоненти органічного та неорганічного походження. При дослідженні встановлюють морфологічний склад, фракційний склад, середню щільність, вологість, хімічний склад і теплоту згорання. Ці характеристики залежать від ступеню комфортності влаштування будов – об'єктів утворення відходів, виду палива, яке використовується в місцевому опаленні, клімату та інших факторів, які індивідуальні для кожного міста, кожного регіону. Склад та властивості відходів змінюються за періодами року. У зв'язку з цим дослідження проводяться не менш одного разу в 5 років.

Під морфологічним складом розуміють вміст окремих частин відходів, виражених в відсотках до їх загальної маси. Морфологічний склад визначається при природному стані відходів. Для цього середню пробу побутових відходів від різноманітних соціально економічних об'єктів накопичення просіюють через сито з розмірами 15x15 мм. Складові компоненти твердих побутових відходів, які залишились на ситі розбирають вручну.

Зміна морфологічного складу побутових відходів обумовлено зростанням вмісту макулатури, полімерів, текстилю, садово-городніх відходів та зниженням кольорових металів, кераміки, каменів, кісток, золи, шлаку, відсіву розміром менш 16 мм, а при вводі роздільного селективного збору – зменшенням долі харчових відходів.

Аналіз останніх років дозволяє визначати вміст і характеристики харчових відходів в складі твердих побутових відходів. Вони складають 29–39,5% за масою. Причому максимальна кількість цих відходів відзначається в зимовий період – 39,5%, а мінімальна кількість в літній період – 29%. Відсотковий вміст компонентів твердих побутових відходів в залежності від сезонних коливань представлені в таблиці 30.

Таблиця 30 – Данні по типовому складу твердих побутових відходів, які характеризуються сезонними коливаннями морфологічного складу

Компоненти	Вміст, у %
Папір, картон	12,0–38,0
Харчові і рослинні відходи	20,0–45,0
Чорні метали	3,0–5,2
Кольорові метали	0,5–0,8
Текстиль	4,0–7,0
Скло	4,0–8,0
Пластмаса (в тому числі ПЕТ-пляшки)	6,0–8,5
Шкіра, гума	0,3–3,5
Дерево	0,9–3,0
Камінь, кераміка	0,8–3,0
Кості	0,1–2,0
Відсів – 15 мм	7,0–13,0
Інше	1,0–2,0

Побутове сміття містить у великій кількості органічні речовини і при значній вологості воно є сприятливим середовищем для розвитку гельмінтів та розмноження хвороботворних мікроорганізмів.

Склад та кількість накопичення побутових відходів залежать від цілої низки факторів: ступеню комфортності влаштування будівель, наявності сміттєпроводів, системи опалення, побутових потреб, наявності водопроводу та каналізації.

За останні роки спостерігається зниження середньої щільності твердих побутових відходів. В результаті зміни соціально-побутових умов за 10 років на Україні щільність побутових відходів, особливо у великих містах та густонаселених регіонах.

Це обумовлено значним збільшенням вмісту в складі твердих побутових відходів макулатури, одноразової тари і упаковки, полімерних відходів, ПЕТ-пляшок, тощо.

### **Завдання для виконання лабораторної роботи**

**Завдання 1.** Розсортувати відходи, що накопичилися вдома за тиждень (одну, дві або три доби) за наступними категоріями: папір; метал; харчові відходи; пластмаса; скло; інші.

**Завдання 2.** Скласти перелік основних продуктів та матеріалів кожної категорії відходів. Визначити масу відходів кожної категорії та сукупну масу відходів.

**Завдання 3.** Встановити середній показник відходів на одного мешканця вашої квартири (будинку). Результати проведеної роботи занести до таблиці 31.

Таблиця 31 – Класифікація побутових відходів моєї родини за тиждень

Дані спостережень	Категорія і кількість відходів, кг							
	папір	метал	скло	пластмаса	харчові відходи	інше	загальна кількість на день	кількість на одного члена родини
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
Маса за тиждень								
Середнє значення за день								

**Завдання 4.** Встановити масову частку кожної категорії відходів у % (w). Масову частку (w, %) кожної категорії відходів необхідно розрахувати за формулою:

$$w = \frac{\text{Маса певної категорії відходів}}{\text{Сукупна маса відходів}} \times 100\%, \quad (35)$$

**Завдання 5.** Сформулювати пропозиції щодо зниження кількості кожної категорії відходів, результати узагальнення необхідно занести до таблиці 32.

**Завдання 6.** Скласти таблицю категорій й кількості побутових відходів вашої родини за, місяць.

**Завдання 7.** Визначити економічний ефект від утилізації побутових відходів, узявши за приклад макулатуру: 60 кг макулатури зберігають від зрубання одне доросле дерево, із 1 кг макулатури можна виготовити 25

зошитів, 1 кг макулатури заощадить 0,2 м<sup>3</sup> води й 1 кВт/год електроенергії при виготовленні паперу.

**Висновки.** Визначити який вид відходів переважає у вашій сім'ї. Що можна сказати на підставі отриманих даних? За результатами проведених досліджень підготувати звіт.

Таблиця 32 – Пропозиції щодо зниження кількості кожної категорії відходів

Категорія відходів	Середнє значення за день	w, % від загальної кількості	Шляхи щодо зниження кількості кожної категорії відходів			
			Зменшення кількості споживання певного продукту	Повторне використання відходів	Рециклізація відходів у домашніх умовах	Запропонуйте інші шляхи
Папір						
Метал						
Скло						
Пластмаса						
Харчові відходи						
Інше						

### Контрольні питання:

1. Поясніть, за якими ознаками проводиться класифікацій відходів?
2. Проаналізуйте морфологічний склад побутових відходів.
3. Проаналізуйте фракційний склад твердих побутових відходів.
4. Поясніть, як визначають норми накопичення твердих побутових відходів?
5. Поясніть, з чого складається каталог відходів?
6. Проаналізуйте, яка кількість території потрібна для зберігання відходів вашої сім'ї, утворених за рік?
7. Поясніть, чому проблема побутових відходів є однією з найбільш важливих у сучасному суспільстві?
8. Поясніть, які заходи особисто Ви можете запропонувати щодо рециклізації побутових відходів, утворених у вашій сім'ї?

### ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 13

**Тема:** Визначення класу небезпеки промислових відходів.



**Мета:** набуття студентами практичних навичок щодо розрахунку класу небезпеки промислових відходів.

**Обладнання та матеріали:** табличні дані щодо фізико-хімічних та токсикологічних властивостей відходів, довідникові посібники, калькулятор.

### **План вивчення теми**

- 1) Класи небезпеки відходів.
- 2) Визначення класу небезпеки промислових відходів.
- 3) Класифікація небезпечних відходів.
- 4) Недоліки розрахункового методу визначення класу небезпеки промислових відходів.

### **Питання до самопідготовки:**

1. Вимоги до зберігання промислових відходів в залежності від класу небезпеки.
2. Норми накопичення твердих побутових відходів.
3. Токсичні промислові відходи.
4. Система управління твердими побутовими відходами в Україні.
5. Технології по переробці та утилізації відходів.
6. Європейський досвід вирішення проблеми переробки твердих побутових відходів.

### **Теоретичні відомості**

*Загальні положення.* До промислових відходів відносяться відходи сфер виробництва та споживання. Серед них найбільшу небезпеку для довкілля і здоров'я населення становлять неутилізовані токсичні промислові відходи.

Відходи галузей виробництва і сфери споживання в залежності від фізичних, хімічних і біологічних характеристик всієї маси певного відходу або окремих його інгредієнтів поділяються на чотири класи небезпеки:

- I клас – речовини (відходи) надзвичайно небезпечні;
- II клас – речовини (відходи) високо небезпечні;
- III клас – речовини (відходи) помірно небезпечні;
- IV клас – речовини (відходи) мало небезпечні.

Клас небезпеки визначається токсичністю промислових відходів. Токсичними промисловими відходами називаються такі відходи, які утворюються в процесі технологічного циклу в промисловості і мають у своєму складі фізіологічно активні речовини, які викликають токсичний ефект.

*Відходи I класу небезпеки* зберігають у герметичній тарі (сталеві бочки, контейнери). По мірі наповнення тару з відходами закривають герметично сталлюю кришкою, при необхідності заварюють електрогазозварюванням.

*Відходи II класу небезпеки* зберігають, згідно до агрегатного стану, у поліетиленових мішках, пакетах, діжках та інших видах тари, що запобігає розповсюдженню шкідливих речовин (інгредієнтів).

*Відходи III класу небезпеки* зберігають у тарі, що забезпечує локалізоване зберігання, дозволяє виконувати вантажно-розвантажувальні та транспортні

роботи і виключає розповсюдження у навколишньому середовищі шкідливих речовин.

*Відходи IV класу небезпеки* можуть зберігатися відкрито на промисловому майданчику у вигляді конусоподібної купи. Ці відходи без негативних екологічних наслідків можуть бути об'єднані з побутовими відходами в місцях захоронення останніх або використані, як ізолюючий матеріал, а також для різних планувальних робіт при освоєнні території.

На даний час єдиною офіційно затвердженою в Україні методикою визначення класу небезпеки відходів є державні санітарні правила і норми ДСанПіН 2.2.7.029-99 «Гігієнічні вимоги до поводження з промисловими відходами та визначення їх класу небезпеки для здоров'я населення».

Цей нормативний документ містить деякі норми, що не відповідають вимогам діючого законодавства України та принципам державної регуляторної політики, тому Рішенням Державної служби України з питань регуляторної політики та розвитку підприємництва № 33 від 15.07.2014 року Міністерству охорони здоров'я України було запропоновано визнати ДСанПіН 2.2.7.029-99 такими, що втратили чинність, та усунути порушення принципів державної регуляторної політики у двомісячний строк з дня прийняття такого рішення.

Проте і досі жодні зміни не були внесені у цей документ і жодних нових правил визначення класу небезпеки відходів Міністерством охорони здоров'я України розроблено не було і де-факто на практиці, в нашій країні фахівці вимушені продовжувати користуватися цим нормативним недіючим документом, адже альтернативи немає.

Отже, розглянемо особливості цієї методики. Клас небезпеки визначається *виробником відходів* або за його дорученням.

Визначення класу небезпеки промислових відходів слід здійснювати:

- 1) експериментальним шляхом на дослідних тваринах згідно з ГОСТ 12.1.007-76 в установах, акредитованих на цей вид діяльності;
- 2) розрахунковим методом, коли установлений фізико-хімічний склад відходів, за  $LD_{50}$  або ГДК екзогенних хімічних речовин у ґрунті.

Визначення класу небезпеки розрахунковим методом.

Згідно ДСанПіН 2.2.7.029-99, для визначення небезпечних властивостей відходів використовуються наступні показники:

- середня летальна доза хімічного інгредієнта, що викликає загибель 50% піддослідних тварин при введенні у шлунок;
- розчинність хімічного інгредієнта у воді;
- коефіцієнт летючості хімічного інгредієнта;
- клас небезпеки в повітрі робочої зони (при відсутності середньої летальної дози);
- ГДК хімічної речовини в ґрунті.

Якщо для конкретного виду промислових відходів розроблено та впроваджено технологію утилізації, знешкодження або оброблення, яка призводить до усунення чи значного зменшення негативного впливу відходів

на біоценози об'єктів довкілля, насамперед ґрунту, слід визначити клас небезпеки відходів за  $LD_{50}$  згідно з формулами 35 і 36:

$$K_i = \frac{\lg(LD_{50})i}{(S+0,1F+C_B)i}, \quad (35)$$

де:  $K_i$  – індекс токсичності кожного хімічного інгредієнта, що входить до складу відходу, величину  $K_i$  округлюють до першого знаку після коми;

$\lg(LD_{50})$  – логарифм середньої летальної дози хімічного інгредієнта при введенні в шлунок, ( $\lg(LD_{50})$  знаходять за довідниками);

$S$  – коефіцієнт, який відображає розчинність хімічного інгредієнта у воді (за допомогою довідника знаходять розчинність хімічного інгредієнта у воді в грамах на 100 г води при температурі не вище  $25^\circ\text{C}$ , цю величину ділять на 100 і отримують безрозмірний коефіцієнт  $S$ , який в більшості випадків знаходиться в інтервалі від 0 до 1);

$F$  – коефіцієнт леткості хімічного інгредієнта (за допомогою довідників визначають тиск насиченої пари в мм рт. ст. інгредієнтів відходу при температурі  $25^\circ\text{C}$ , що мають температуру кипіння при 760 мм рт. ст. не вище  $80^\circ\text{C}$ ; одержану величину ділять на 760 і отримують безрозмірну величину  $F$ , яка знаходиться в інтервалі від 0 до 1);

$C_B$  – кількість даного інгредієнта в загальній масі відходу, т/т;

$i$  – порядковий номер конкретного інгредієнта.

Після розрахунку  $K_i$  для інгредієнтів відходу, вибирають не більше 3, але не менше 2 основних, які мають найменші  $K_i$ ; при цьому  $K_1 < K_2 < K_3$ , крім того, повинна виконуватися умова  $2K_1 \geq K_3$ .

$$K_\Sigma = \frac{1}{n^2} \sum_{i=1}^n K_i, n \leq 3, \quad (36)$$

де:  $K_\Sigma$  – сумарний індекс небезпеки. Він обчислюється за допомогою двох або трьох вибраних індексів токсичності, після чого за допомогою таблиці 33 визначають клас небезпеки та ступінь токсичності відходу.

Таблиця 33 – Класифікація небезпеки відходів за  $LD_{50}$

Величина $K_\Sigma$ , отримана на основі $LD_{50}$	Клас небезпеки	Ступінь токсичності
Менше 1,3	I	Надзвичайно небезпечні
Від 1,3 до 3,3	II	Високо небезпечні
Від 3,4 до 10,0	III	Помірно небезпечні
Від 10,0 і більше	IV	Мало небезпечні

При відсутності  $LD_{50}$  для інгредієнтів відходу, але при наявності класу небезпеки цих інгредієнтів у повітрі робочої зони (ГОСТ 12.1.005-88),

необхідно у формулу (35) підставити умовні величини  $LD_{50}$ , що орієнтовно визначені за показниками класу небезпеки у повітрі робочої зони (табл. 34).

Враховуючи те, що значна частина небезпечних промислових відходів не має впроваджених схем утилізації, знешкодження чи оброблення і видаляється методом поховання або використовується у вигляді домішок чи прошарків на полігонах твердих промислових відходів, тобто може мати безпосередній контакт з об'єктами довкілля, для визначення класу небезпеки таких відходів слід застосовувати ГДК їх хімічних складників у ґрунті згідно з формулою 37:

$$K_i = \frac{ГДК_i}{(S+0,1F+C_B)_i}, \quad (37)$$

де:  $ГДК_i$  – гранично допустима концентрація  $i$ -тої токсичної хімічної речовини у ґрунті, що міститься у відході;

$K_i, S, C_B, F, i$  – ті ж самі показники, що в формулі 35.

Величину  $K_i$  округляють до першого знаку після коми.

Таблиця 34 – Класи небезпеки у повітрі робочої зони і відповідні умовні величини  $LD_{50}$

Класи небезпеки у повітрі робочої зони	Еквівалент $LD_{50}$	$\lg(LD_{50})$
I	15	1,176
II	150	2,176
III	500	3,699
IV	>5000	3,788

Після розрахунку  $K_i$  для інгредієнтів відходу, вибирають не більше 3, але не менше 2 основних, які мають найменші  $K_i$ ; при цьому  $K_1 < K_2 < K_3$ , крім того, повинна виконуватися умова  $2K_1 \geq K_3$ .

Потім розраховується сумарний індекс токсичності ( $K_\Sigma$ ) згідно з формулою 36, після чого за допомогою таблиці 35 визначають клас небезпеки та ступінь токсичності відходу.

Таблиця 35 – Класифікація небезпеки відходів за ГДК хімічних речовин у ґрунті

Величина $K_\Sigma$ , отримана на основі ГДК у ґрунті	Клас небезпеки	Ступінь токсичності
Менше 2	I	Надзвичайно небезпечні
Від 2 до 16	II	Високо небезпечні
Від 16,1 до 30	III	Помірно небезпечні
Від 30,1 і більше	IV	Мало небезпечні

Затвердження класу небезпеки промислових відходів проводить Міністерство охорони здоров'я України за погодженням Міністерства екології та природних ресурсів України.

*Основні недоліки даної методики:*

- не для всіх речовин, які можуть бути виявлені у відходах, встановлені  $LD_{50}$ , класи небезпеки в повітрі робочої зони і ГДК в ґрунті;
- при розрахунку враховується небезпека не всіх інгредієнтів відходів, а тільки двох або трьох пріоритетних інгредієнтів;
- не враховується недолік інформації по первинним показникам небезпеки компонентів відходів;
- не враховуються екологічні показники небезпеки компонентів відходів, такі як канцерогенність, мутагенність та ін.;
- не завжди точно відомий склад відходів;
- деякі види промислових відходів можуть мати непостійний якісний склад, що змінюється у часі в залежності умов зберігання тощо;
- якісний і кількісний аналіз вимагає значних витрат коштів і часу.

*Формули, що використовуються для визначення класу небезпеки відходів за даною методикою, також недосконалі:*

1. Значення показників коефіцієнтів розчинності і летючості розрізняються на порядок; при додаванні абсолютно різнорідних величин  $S$ ,  $F$  і  $C$  їх сума може приймати істотне значення навіть при гранично малому вмісті речовини  $C_i$ , але значних величинах коефіцієнта розчинності  $S$  (наприклад, для фториду сурми, у якого  $S=4,45$ ; або хлориду цинку, у якого  $S=3,75$ ).
2. Зміна індексу токсичності  $K_i$  має нелогічний характер: чим токсичність вище, тим індекс менше, і навпаки.
3. Сам індекс токсичності інгредієнта  $K_i$  є неповноцінним: дана методика передбачає його облік тільки при підрахунку сумарного індексу небезпеки  $K_{\Sigma}$ , тобто сама величина  $K_i$  не є самодостатньою характеристикою компонента суміші і ніяк не пов'язана з його класом токсичності.
4. Не обґрунтований квадратичний характер залежності сумарного індексу небезпеки  $K_{\Sigma}$  від  $n$ , і, внаслідок цього, дана залежність гіпертрофована в граничних ситуаціях, коли  $2K_1 = K_3$ , значення  $K_{\Sigma}$  в залежності від вибору  $n=2$  або  $n=3$  може різнитися більш ніж в два рази.

Крім того, з точки зору екологічної безпеки, для визначення небезпечних властивостей відходів недостатньо використання таких показників, як середня летальна доза хімічного інгредієнта  $LD_{50}$ , розчинність хімічного інгредієнта у воді  $S$ , коефіцієнт летючості хімічного інгредієнта  $F$ , його клас небезпеки в повітрі робочої зони і ГДК в ґрунті.

Всі ці показники враховують вплив відходів або їх складових тільки на організм людини, не беручи до уваги їх небезпеку для інших живих організмів і навколишнього природного середовища.

### Завдання для виконання лабораторної роботи

**Завдання.** Визначити клас небезпеки відходів підприємства № 1 за  $LD_{50}$  і за ГДК хімічних речовин в ґрунті, відповідно.

Запропонувати заходи щодо безпечного поводження з відходами відповідно до їх класу небезпеки. Склад відходів згідно варіантів завдання наведений у таблиці 36.

Перевести процентний вміст компонентів відходів в частки одиниці і, користуючись таблицями 37 та 38. Знайти фізико-хімічні та токсикологічні властивості кожного інгредієнта відходів. Результати занести до таблиці.

### Вихідні дані для аналізу

Таблиця 36 – Вихідні дані для розрахунку класу небезпеки відходів за  $LD_{50}$  і за ГДК хімічних речовин в ґрунті

Склад відходів підприємства №1 (для розрахунку за $LD_{50}$ )	Вміст, %	Склад відходів підприємства №1 (для розрахунку за ГДК у ґрунті)	Вміст, %
оксид алюмінію	10	оксид хрому	15
сульфат алюмінію	5	сульфат міді	5
оксид кадмію	5	хлорид миш'яку	5
хлорид миш'яку	20	сульфат кобальту	5
хлорид ванадію	5	сульфат марганцю	5
сульфат міді	5	оксид миш'яку	5
хлорид заліза	10	хлорид нікелю	20
сульфат кобальту	20	хлорид ртуті	35
сульфат марганцю	20	сульфат свинцю	5

Таблиця 37 – Фізико-хімічні та токсикологічні властивості компонентів відходів (для розрахунку за  $LD_{50}$ )

Компонент	Тиск насиченої пари, мм рт. ст.	Розчинність г/100 г води	$LD_{50}$	Клас небезпеки	ГДК р. з.
$Al_2(SO_4)_3$	0	38,5	370	–	–
$CdSO_4$	0	76,4	47	I	0,01
$VCl_3$	0	–	24	II	0,5
$CuSO_4$	0	20,5	43	II	0,5
$FeCl_3$	0	96,6	59	–	–
$CoSO_4$	0	39,3	424	–	–

Таблиця 38 – Гранично допустимі концентрації хімічних речовин в ґрунті

Назва речовини	ГДК, мг/кг
Нікель (рухома форма)	4,0
Хром (рухома форма)	6,0
Ртуть	2,1
Миш'як	2,0
Кобальт (рухома форма)	5,0
Мідь (рухома форма)	3,0
Марганець	1500
Свинець (рухома форма)	6,0

**Приклади розрахунку класу небезпеки промислових відходів.***1. Приклад розрахунку класу небезпеки промислових відходів за  $LD_{50}$ .*

На підприємстві N утворюються промислові відходи, що мають в своєму складі: сульфат свинцю – 5%; оксид свинцю – 5%; оксид алюмінію – 15%; оксид заліза – 55%; хлорид миш'яку – 20%.

Переводимо процентний вміст компонентів відходів в частки одиниці і, знаходимо фізико-хімічні та токсикологічні властивості для кожного інгредієнта. Результати заносимо в таблицю 39.

Таблиця 39 – Фізико-хімічні та токсикологічні властивості компонентів відходів

Компонент	Маса $C_{ei}$ , т/т	Тиск насиченої пари, мм рт. ст.	Розчинність г/100 г води	$LD_{50}$	Клас небезпеки	Еквівалент $LD_{50}$	F	S
PbSO <sub>4</sub>	0,05	0	0,0045	282	–	–	–	0,000045
PbO	0,05	0	0,2756	217	–	–	–	0,002756
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,15	0	0	–	III	5000	–	0
FeO	0,55	0	0	–	III	5000	–	0
AsCl <sub>3</sub>	0,20	11,65	0	48	–	–	0,015	0

За формулою 35 для кожного компонента відходів визначаємо індекс токсичності:

$$K_1 (PbSO_4) = \frac{\lg(LD_{50})1}{S_1 + 0.1F_1 + C_1^B} = \frac{\lg 282}{0.000045 + 0.1 \cdot 0 + 0.05} = 49,0.$$

$$K_2 (PbO) = \frac{\lg 217}{0.002756 + 0.1 \cdot 0 + 0.05} = 44,3.$$

$$K_3 (Al_2O_3) = \frac{\lg 5000}{0 + 0.1 \cdot 0 + 0.15} = 24,7.$$

$$K_4 (FeO) = \frac{\lg 5000}{0+0.1 \cdot 0+0.55} = 6,7.$$

$$K_5 (AsCl_3) = \frac{\lg 48}{0+0.1 \cdot 0.015+0.2} = 8,4.$$

Розташовуємо коефіцієнти токсичності в порядку зростання значення:

$$K_1 (FeO) = 6,7.$$

$$K_2 (AsCl_3) = 8,4.$$

$$K_3 (Al_2O_3) = 24,7.$$

$$K_4 (PbO) = 44,3.$$

$$K_5 (PbSO_4) = 49,0.$$

Обираємо найменші значення індексів токсичності  $K_i$ , щоб виконувалася умова:  $K_1 < K_2 < K_3$ .

Такими величинами будуть:  $K_1=6,7$ ;  $K_2=8,4$  і  $K_3=24,7$ .

При цьому умова  $2K_1 \geq K_3$  не виконується. Отже, відкидаємо третій коефіцієнт і визначаємо сумарний індекс токсичності за першими двома коефіцієнтами згідно з формулою 36:

$$K_{\Sigma} = \frac{1}{n^2} \sum_{i=1}^n K_i = \frac{1}{2^2} (6,7 + 8,4) = 3,8.$$

Відповідно до оціночної шкали (табл. 33), відходи даного підприємства відносяться до III класу небезпеки – **помірно небезпечні**.

Подібні відходи небезпеки зберігаються в паперових і тканинних мішках, пакетах і інших видах тари, що дозволяють виконувати вантажно-розвантажувальні і транспортні роботи і виключають поширення в навколишньому середовищі шкідливих речовин. З території підприємства ці відходи повинні бути видалені протягом **двох діб**. У разі тимчасового зберігання відходів на стаціонарних складах або в промислових приміщеннях повинні бути забезпечені вимоги ГОСТ 12.1.005-88 до повітря робочої зони.

2. *Приклад розрахунку класу небезпеки за даними ГДК хімічних речовин у ґрунті.*

На підприємстві М утворюються відходи, що мають в своєму складі: оксид нікелю – 15%; сульфат цинку – 15%; хлорид хрому – 10%; сульфат свинцю – 50%; сульфат марганцю – 10%.

Переводимо процентний вміст компонентів відходів у частки одиниці і, знаходимо фізико-хімічні та токсикологічні властивості для кожного інгредієнта. Результати заносимо в таблицю 40.



За формулою 37 для кожного компонента відходів визначаємо індекс токсичності:

$$K_1(NiO) = \frac{\Gamma ДК_i}{S_1 + 0,1F_1 + C_1^B} = \frac{4,0}{0 + 0,1 \cdot 0 + 0,15} = 26,7.$$

$$K_2(ZnSO_4) = \frac{23,0}{1,65 + 0,1 \cdot 0 + 0,15} = 12,8.$$

$$K_3(CrCl_3) = \frac{6,0}{0 + 0,1 \cdot 0 + 0,10} = 60,0.$$

$$K_4(PbSO_4) = \frac{6,0}{0,00045 + 0,1 \cdot 0 + 0,50} = 12,0.$$

$$K_5(MnSO_4) = \frac{1500}{0,629 + 0,1 \cdot 0 + 0,10} = 2057,6.$$

Таблиця 40 – Фізико-хімічні та токсикологічні властивості компонентів відходів

Компонент	Маса $C_{ei}$ , т/т	Тиск насиченої пари, мм рт. ст.	Розчинність г/100 г води	$LD_{50}$	ГДК у ґрунті за металом, мг/кг	F	S
NiO	0,15	0	0	282	4,0	0	0
ZnSO <sub>4</sub>	0,15	0	165	217	23,0	0	1,65
CrCl <sub>3</sub>	0,10	0	0	–	6,0	0	0
PbSO <sub>4</sub>	0,50	0	0,0045	–	6,0	0	0,000045
MnSO <sub>4</sub>	0,10	0	62,9	48	1500	0	0,629

Упорядковуємо ряд коефіцієнтів токсичності за зростанням і вводим нову нумерацію:

$$K_1(PbSO_4) = 12,0.$$

$$K_2(ZnSO_4) = 12,8.$$

$$K_3(NiO) = 26,7.$$

$$K_4(CrCl_3) = 60,0.$$

$$K_5(MnSO_4) = 2057,6.$$

Обираємо найменші значення індексів токсичності  $K_i$ , щоб виконувалася умова:  $K_1 < K_2 < K_3$ .

Такими величинами будуть:  $K_1=12,0$ ;  $K_2=12,8$  і  $K_3=26,7$ .

При цьому умова  $2K_1 \geq K_3$  не виконується. Отже, відкидаємо третій коефіцієнт і визначаємо сумарний індекс токсичності за першими двома коефіцієнтами згідно з формулою 36:

$$K_{\Sigma} = \frac{1}{n^2} \sum_{i=1}^n K_i = \frac{1}{2^2} (12,0 + 12,8) = 6,2.$$

Відповідно до оціночної шкали (таблиця 35), відходи даного підприємства відносяться до II класу небезпеки – **високо небезпечні**.

Відходи II класу небезпеки зберігаються в закритій тарі (поліетиленові мішки, пакети, діжки, закриті ящики), здатній запобігати поширенню шкідливих речовин. З території підприємства ці відходи також повинні бути видалені протягом **двох діб**. У разі тимчасового зберігання відходів на території підприємства якість повітря робочої зони повинна відповідати вимогам ГОСТ12.1.005-88.

### **Контрольні питання:**

1. Поясніть, які існують способи визначення класу небезпеки промислових відходів?
2. Поясніть, які показники використовуються для визначення класу небезпеки промислових відходів розрахунковим методом?
3. Поясніть, для яких відходів клас небезпеки визначається за показником  $LD_{50}$  ?
4. Поясніть, в яких випадках для визначення класу небезпеки відходів слід застосовувати ГДК їх хімічних компонентів у ґрунті?
5. Поясніть, від чого залежать обсяги накопичення твердих побутових відходів у містах?
6. Поясніть, для яких об'єктів встановлюються норми накопичення ТПВ?
7. Поясніть, які компоненти твердих побутових відходів можуть бути утилізовані?

## **ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 14**

**Тема:** Негативний вплив міського середовища на населення.

**Мета:** вивчити особливості життєвих циклів паразитичних найпростіших та безхребетних організмів, які можуть потрапляти до організму людини через біологічно забруднену питну воду.

**Обладнання та матеріали:** підручники, довідникові посібники, конспекти лекцій, схеми життєвих циклів паразитів, які можуть передаватися через питну воду.

### **План вивчення теми**

- 1) Оточуюче людину середовище та його компоненти.
- 2) Особливості міст і сіл як антропоєкосистем.

- 3) Вплив на людину антропогенних екологічних факторів.
- 4) Взаємодія людини з паразитичними тваринами.
- 5) Вплив пробіотиків на здоров'я людини.

#### **Питання до самопідготовки:**

1. Взаємодія людини з симбіотичними мікроорганізмами.
2. Взаємодія людини з патогенними мікроорганізмами.
3. Місце і роль сучасної людини в біосферних процесах.
4. Здоров'я людини і хімічні забруднювачі навколишнього середовища.

#### **Теоретичний відомості**

Розвиток науково-технічного прогресу разом із загальним поліпшенням якості життя людей, результатом якого є збільшення чисельності населення Землі, надає на навколишнє природне середовище найпотужнішу техногенну дію, зіставну по своїх масштабах і наслідках з глобальними геологічними процесами, що змінили вигляд нашої планети.

Міста є найзначущішими центрами науково-технічного прогресу. Городяни, в більшій мірі користуючись благами цивілізації, в першу чергу випробовують на собі її негативні наслідки. Перш за все це виражається в забрудненні атмосферного повітря. За даними багаторічних спостережень, із загального об'єму забруднень, що потрапляють в атмосферне повітря, до 86% поступає в межах міської межі, до 13% доводиться на решту території суші і 1% – на океанські простори. Джерелами забруднення повітряного басейну міст є транспорт, промислові підприємства і міська територія. Найбільш небезпечними для здоров'я людини домішками в атмосферному повітрі є бенз(а)пірен, кислотоутворюючі оксиди, пил. Пилогазові викиди і осередки тепла у вигляді металургійних заводів, теплових і атомних електростанцій формують в місті своєрідний мікроклімат, сприяють утворенню смогу, що може у край несприятливо відобразитися на стані організму міських жителів, особливо маленьких дітей і людей похилого повітря.

Іншим негативним чинником дії на здоров'я городян є незадовільна якість питної води. Через забрудненість джерел водопостачання, низького рівня водопідготовки в багатьох містах якість водопровідної води не відповідає вимогам стандарту на питну воду. У зв'язку з цим все більшу актуальність набуває децентралізоване постачання населення питною водою високої якості.

Нерегулярне вивезення побутових відходів, накопичення і гниття їх усередині житлових кварталів викликає постійний сморід, сприяє розмноженню мух – переносників кишкових інфекцій.

Відсутність мокрого прибирання проїжджої частини і тротуарів або нерегулярне її проведення сприяє запиленню, що викликає несприятливу дію на органи дихання і зору.

Міський шум, інтенсивність якого особливо велика поблизу автомобільних і залізничних магістралей, в районі аеропортів, залізничних станцій, автовокзалів, а також окремих підприємств, де працюють ковальсько-пресове устаткування, центрифуги, дробарки і інші джерела підвищеного виробничого

шуму, украй несприятливо впливає на нервову систему, перешкоджає повноцінному відпочинку.

Скупченість міського населення, масові скупчення людей в міському транспорті, у виробничій сфері, в учбових закладах сприяють швидкому розповсюдженню епідемій. Так, періодично виникаючі епідемії грипу, які протягом декількох днів можуть охопити велику частину жителів міста.

Комфортні умови праці в багатьох галузях виробничої сфери, упорядковане житло, розвинена інфраструктура, особистий і суспільний транспорт в тому або іншому ступені сприяють гіподинамії, що є причиною багатьох розладів здоров'я людини.

Важливим чинником, що погіршує загальний стан організму, є відірваність городян від об'єктів природного середовища. Тиша заміських ландшафтів, порушена лише співом птахів, чисте повітря, купання, ходіння босоніж, природні пейзажі сприяють повноцінному відпочинку, зміцненню нервової системи і, як результат, загальному поліпшенню стану здоров'я городян.

Стан здоров'я населення є найважливішим показником якості життя. Рівень захворюваності залежить від багатьох чинників і визначається економічними і соціальними умовами, що перш за все склалися в країні, екологічною обстановкою і рівнем медичної допомоги в місцях мешкання, спалахами епідемій. На стан здоров'я окремого індивідуума істотно впливає куріння, наркоманія, зловживання алкоголем, гіподинамія, стреси, спадковість, якість харчування і житлові умови.

З певною часткою ймовірності збільшення випадків тих або інших видів захворювань може бути віднесене за рахунок забруднення навколишнього природного середовища.

Забрудненість повітря викликає захворювання органів дихання. Забруднення водних об'єктів і погана якість підготовки питної води є причиною інфекційних шлунково-кишкових захворювань.

Несприятливі екологічні умови мешкання населення ослабляють імунну систему. Знижується опірність організму як до виникнення хронічних захворювань, так і до спалахів інфекційних, зокрема періодичним епідеміям грипу.

Стан навколишнього середовища істотно впливає на здоров'я людини: за станом здоров'я населення можна, з достатньою вірогідністю, оцінювати якість середовища для людини. Причинами зростання захворюваності є збільшення викиду забруднюючих речовин, серед яких комплекс викидів свинцю, сірчаного ангідриду, чадного газу, окислів азоту, сірчаної кислоти, фтористих сполук, сірководню, хлору, та радіоактивних речовин – цезію 137 і стронцію 90. Встановлено, що вдихання повітря, забрудненого викидами транспортних засобів та промислових підприємств, призводить до патологічних змін у дихальних шляхах мешканців населених пунктів. Це спричинює захворювання хронічним бронхітом, катаром верхніх дихальних шляхів, пневмонією, бронхіальною астмою і сприяє зниженню імунітету організму. Встановлено чітку залежність між рівнем забруднення атмосферного повітря і рівнем захворюваності населення.

Необхідно також визначити, які з проблем є найбільш важливими, які із загроз становлять найбільшу небезпеку і чинять найбільш сильний вплив на здоров'я жителів міста, навколишнє середовище і якість життя населення. Перелік виявлених **основних екологічних проблем м. Запоріжжя**:

- атмосферні викиди промислових підприємств (фенол, сполуки сірки, чадний газ);
- викиди в атмосферу у результаті спалювання сміття в приватному секторі;
- викиди автотранспорту;
- високий рівень забруднення поверхневих вод (каналізаційні стоки, витоки з промислових відстійників до малих річок);
- нелегальні смітники побутових відходів;
- забруднення від смітників промислових відходів;
- забруднення піску на пляжі (пил, тверді частки, сміття);
- забруднення парків, дитячих площадок собаками;
- поховання померлих домашніх тварин, не відповідають санітарним нормам;
- забруднення ґрунту;
- неочищені побутові і промислові стічні води;
- скидання баластових вод;
- алергійні фактори рослинного походження (амброзія, тополиний пух);
- шум у житловій зоні;
- погана якість питної води (неочищена питна вода);
- глобальне потепління;
- відсутність зон відпочинку;
- екологічна безграмотність населення.

Для м. Запоріжжя характерний «український» тип забруднення, коли в періоди з температурною інверсією і циклональною погодою в приземному шарі повітря зосереджується основна маса промислових і транспортних забруднювачів атмосфери.

### **Завдання до виконання лабораторної роботи**

**Завдання 1.** Опрацювати матеріал щодо особливостей життєвих циклів кишкових паразитів, які можуть передаватися через питну воду людині. Замалювати схеми життєвих циклів наступних представників паразитичних організмів (кишкових найпростіших) – *Entamoeba histolytica*, *Lambliа intestinalis*, *Balantidium coli*.

**Завдання 2.** Опрацювати матеріал щодо особливостей життєвих циклів деяких гельмінтів, які мають інвазійний початок саме у питній воді або у тих чи інших поверхневих водах. Замалювати схеми життєвих циклів наступних збудників гельмінтозів – нематод *Dracunculus medinensis*, *Ancylostoma duodenale*, трематод *Schistosoma mansoni*, *Schistosoma haematobium*.

**Завдання 3.** Спираючись на вивчений матеріал заповнити таблицю 41.

Таблиця 41 – Клінічна характеристика і діагностика деяких гельмінтозів

Характеристики	Назва гельмінтозу		
	Дракункульоз	Шистосомоз	Анкілостомідоз
Збудник			
Фази інвазії			
Стадії розвитку у паразита			
Локалізація			
Інкубаційний період			
Клінічні ознаки			
Лабораторні дослідження			

### Додаткова інформація:

*Характеристика паразитичних організмів, які можуть потрапити до організму людини через біологічно забруднену питну воду.*

Бактеріальні та біологічні забруднення включають різні мікроорганізми: дріжджові та плісняві грибки, дрібні водорості та бактерії, у тому числі збудники тифу, паратифу, дизентерії, а також яйця гельмінтів, які надходять у стічні води з екскрементами людей і тварин. За хімічним складом ці забруднення можна віднести до органічних, проте через особливу значимість їх виокремлюють у самостійну групу.

З усіх кишкових найпростіших, які є патогенними для людини, деякі можуть передаватися через питну воду – *Entamoeba histolytica*, *Lamblia intestinalis*, *Balantidium coli*. Ці організми є етіологічними агентами відповідно амебіазу (амебна дизентерія), лямбліозу і балантидіазу. Всі вони пов'язані зі спалахами захворювання, спричиненого питною водою.

Звичайними клінічними проявами є гастроентерити із симптомами, що змінюються від легкої діареї до швидкого перебігу дизентерії з кривавим проносом. Найчастіше проявом ускладнення є абсцес печінки. Симптоми лямбліозу бувають від легкого ентериту, що відбувається без лікування, до хронічно виснажливого проносу. Балантидіаз може виявитися у вигляді гострої дизентерії з кривавим проносом. Амеба *Naegleria fowleri* – це досить поширена джгутикова амеба, яка може спричинити менінгоенцефалітне захворювання зі смертельним наслідком.

У питній воді може міститись велика кількість інвазійних яєць та личинок різних гельмінтів. При водопостачанні виявляють дві групи гельмінтів:

- *група I* – передавання здійснюється виключно шляхом поглинання їх проміжних хазяїв – заражених безхребетних (веслоногих ракоподібних, черевоногих молюсків);
- *група II* – інвазійні личинки церкарії безпосередньо заражають людину.

До групи I належить наприклад нематода *Dracunculus medinensis* (рішта), личинки паразита спочатку потрапляють у воду знаходять проміжного господаря і тільки після цього разом із водою можуть проникнути до кінцевого господаря – організм людини. Найчастіше трапляються у жителів Південно-Східної Азії.

До II групи належать трематоди, нематоди (наприклад, *Ancylostoma duodenale*) та інші гельмінти. Трематоди відзначаються характерними шляхами потрапляння до організму остаточного хазяїна, наприклад:

1) інвазування остаточного хазяїна сисуном печінковим, в життєвому циклі якого є один проміжний хазяїн, відбувається через використання в їжу водяних або напівводяних рослин, на яких знаходяться адолескарії гельмінта, а також й деяких інших рослин, для поливу яких використовується вода з тих джерел, де розвиваються личинки сисуна печінкового; крім того адолескарії названої трематоди можуть опинитися в організмі людини через споживання нею для пиття некип'яченої води з тих водних об'єктів, де присутні ці організми;

2) інвазування остаточного хазяїна шистосомами, в життєвому циклі яких є один проміжний хазяїн, відбувається внаслідок активного проникнення церкарій гельмінта в організм людини через його шкіру (перкутанно) під час перебування з метою відпочинку або професійної діяльності у водному об'єкті, де ці організми розвиваються, а також під час перебування босоніж на вологій траві або на вологій поверхні, куди потрапляє вода з останнього, а крім того іноді й через слизову оболонку ротової порожнини при вживанні некип'яченої води безпосередньо з природного джерела, в якому присутня відповідна личинкова форма шистосоми.

У цій групі небезпечними є шистосоми (*Schistosoma mansoni* – збудник кишкового шистосомозу, *Schistosoma haematobium* – збудник сечостатевого шистосомозу), які пов'язані з уживанням зараженої води для побутових цілей, купання чи прання білизни. Шистосоми людини зумовлюють первинні ушкодження переважно у печінці, шлунку і навколо сечового міхура. Проте досить серйозні наслідки пов'язані також із вторинним ураженням верхніх сечових шляхів, раком сечового міхура та фіброзом печінки з його гемодинамічними змінами.

Згадані вище трематодози відрізняються за поширенням. Так, хоча в світі на шистосомози страждає біля 230 мільйонів людей, а ще 500 мільйонів знаходяться під загрозою ураження відповідними шистосомами, проте в Україні реєструються лише поодинокі випадки таких хвороб серед осіб, які приїхали з ендемічних щодо шистосомозів країн.

### **Контрольні питання:**

1. Поясніть, який несприятливий вплив чинить ультразвук та інфразвук на стан здоров'я людини?
2. Поясніть, що може спричинити тривала вібрація на здоров'я людини?
3. Проаналізуйте основний механізм біологічного впливу радіації на організм людини.
4. Проаналізуйте життєві цикли найпростіших, які можуть потрапляти до організму людини через біологічно забруднену питну воду.
5. Проаналізуйте життєві цикли трематод та нематод, які можуть потрапляти до організму людини через біологічно забруднену питну воду.

## ЗМІСТ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

Зміст самостійної роботи студентів з дисципліни «Урбоекологія» визначається робочою програмою навчальної дисципліни.

Самостійне вивчення програмних питань передбачає опрацювання рекомендованої літератури, інформаційних матеріалів мережі Інтернет та складання конспекту. Контроль рівня засвоєння знань у ході самостійної роботи здійснюється викладачем шляхом усного опитування, перевірки лабораторних робіт і тестування.

Самостійна робота студента з дисципліни «Урбоекологія» передбачає:

- опрацювання лекційного матеріалу;
- опрацювання рекомендованої навчально-методичної та наукової літератури;
- підготовку до захисту лабораторної роботи;
- підготовку до тестового контролю знань;
- виконання індивідуального завдання.

### Індивідуальне практичне завдання

Індивідуальне завдання подається у вигляді есе з презентацією. Тему індивідуального завдання обирає студент. Результати виконання індивідуального завдання також заносяться до системи рейтингу та оцінюються згідно наступних критеріїв:

- повнота розкриття питання;
- цілісність, системність, логічна послідовність, уміння формулювати висновки;
- акуратність оформлення письмової роботи;
- підготовка матеріалу за допомогою комп'ютерної техніки, різних технічних засобів (слайдів, приладів, схем тощо);
- захист виконаного індивідуального завдання.

Результат виконання і захисту студентом кожного індивідуального завдання оцінюється за такою шкалою:

- 16–20 балів робота виконана згідно всіх вимог.
- 11–15 балів наявні незначні помилки в оформленні.
- 6–10 балів наявні значні помилки в оформленні та змісті.
- 0–5 балів – тема не розкрита.



**ПИТАННЯ ДО АКТУАЛІЗАЦІЇ ЗНАНЬ З КУРСУ**

1. Історія розвитку, основні поняття урбоекології.
2. Характеристика розвитку міських систем.
3. Місто як складна екологічна система (урбоекосистема).
4. Місто як геоекосистема територіально-виробничого комплексу.
5. Взаємодія міст з біотичними та абіотичними компонентами природного середовища.
6. Основні причини та закономірності створення урбанізованих територій.
7. Вплив фізичних чинників та забруднень на міське середовище та прилеглі території.
8. Джерела забруднень міського середовища.
9. Міграція та трансформація забруднювачів у компонентах міського середовища.
10. Вплив міського середовища на людину, на населення міста.
11. Рівень інтенсивності дії та специфіка впливу на людину, населення міста.
12. Позитивні та негативні аспекти життя у місті.
13. Збереження екологічної рівноваги урбоекосистем.
14. Фактори, що впливають на здоров'я населення.
15. Методи контролю за вмістом шкідливих речовин у повітрі, воді, ґрунті тощо та рівнями дії фізичних факторів на здоров'я людини.
16. Ландшафтно-архітектурна та просторова організація міського середовища.
17. Причини та джерела інтенсифікації процесів урбанізації у світі.
18. Основні риси урбанізації у світі.
19. Загальні закономірності розміщення міст.
20. Фактори, що впливають на розмір та чисельність населення.
21. Абсолютні та відносні демографічні показники.
22. Сучасні концепції створення міського середовища.
23. Екологічне значення управління процесами урбанізації.
24. Всесвітні тенденції розвитку міст та міських систем.
25. Міське середовище як об'єкт екологічних досліджень.
26. Міське планування. Сучасні теорії та моделі міського планування.
27. Вплив урбанізованих територій на передмістя.
28. Фактори оточуючого міського середовища, критерії та показники їх оцінки і контролю.
29. Забруднення ґрунтів, атмосферного повітря, забруднення та виснаження водних об'єктів на урбанізованих територіях.
30. Шум і вібрація, джерела, методи контролю рівнів їх впливу на здоров'я людини.
31. Небезпеки, пов'язані з забрудненням міських систем електромагнітними електростатичними полями, їх джерела та вплив на рослинний і тваринний світ, на людину тощо.
32. Міста як джерела теплового забруднення довкілля.

33. Джерела радіаційного забруднення, методи контролю.
34. Екологічний паспорт міста.
35. Клімат міста, формування мікроклімату міського середовища.
36. Соціопсихологічні фактори впливу міського середовища на людину.
37. Хвороби сучасності. Територіальна залежність різних видів захворювань населення України.
38. Природно-ресурсний потенціал певного регіону країни.
39. Рослинний та тваринний світ міських систем.
40. Роль зелених насаджень у життєдіяльності міст.
41. Стійкість рослин до антропогенного навантаження.
42. Проблеми збереження природних ландшафтів.
43. Тваринні організми міських систем.
44. Проблеми охорони фауни міст.
45. Проблема безпритульних тварин.
46. Адаптація тварин до життя у місті.
47. Рослини та тварини – індикатори стану міської екосистеми та її складових.
48. Прикладні питання біотестування.
49. Соціальні, еколого-економічні проблеми, що виникають внаслідок процесів урбанізації.
50. Соціально-економічна диференціація міських мешканців.
51. Забезпеченість житлом. Безробіття. Забезпечення міст продуктами.
52. Проблема енерго- та теплопостачання урбанізованих територій.
53. Особливості водопостачання міст з підземних джерел та поверхневих водойм.
54. Екологічні проблеми сучасних енерговиробничих підприємств.
55. Адміністративні функції місцевих органів управління.
56. Міські комунікації.
57. Відходи виробництва і споживання.
58. Особливості проблеми утилізації та переробки відходів на урбанізованих територіях.
59. Джерела утворення відходів у містах.
60. Техногенні та природні джерела аварій у містах.
61. Екологічні наслідки аварій та надзвичайних ситуацій у містах.

**ТЕСТОВІ ЗАВДАННЯ**

1. Згідно уявлень про екосистему міста як технобіогеосистему, міське населення відносять до компоненту:

- А) соціального;
- Б) біологічного;
- В) технічного.
- Г) антропогенного;
- Д) селітебного.

2. Зелені масиви міста, які сполучені системою озелених вулиць, бульварів, захисних зелених насаджень з приміськими лісопарками та лісами – це:

- А) кластерна забудова ландшафту;
- Б) екологічний каркас міста;
- В) макроструктура природного каркасу;
- Г) міська територія;
- Д) паркова зона міста.

3. Повночленними біоценозами урбоекосистеми називають:

- А) біоценози у яких консументи існують головним чином не за рахунок продуцентів, а за рахунок постачання органічних речовин у процесі життєдіяльності людини.
- Б) біоценози де головну роль в трансформації енергії та речовини відіграють продуценти (місцеві або інтродуковані) та редуценти.
- В) біоценози, які головним чином складаються із гетеротрофів, що живляться мертвою органічною речовиною (сапрофіти, детритофаги).
- Г) біоценози прокаріот і еукаріот.
- Д) біоценози рослинних та тваринних організмів.

4. Зменшення кількості води для використання у водному об'єкті, що обумовлено господарчою діяльністю і має стійку направленість називають:

- А) замуленням;
- Б) засміченням;
- В) виснаженням.
- Г) забрудненням.
- Д) усе перелічене.

5. Вчення про взаємозв'язки між гідрологічними, гідрохімічними і гідробіологічними процесами у водах, які містяться у різних компонентах навколишнього середовища та впливають на життєдіяльність організмів і мають склад і властивості, сформовані під дією природних і антропогенних факторів називається:

- А) біогеоценологія;
- Б) гідроекологія;
- В) геоморфологія.
- Г) гідрологія.
- Д) геологія.

6. До методів механічної очистки стічних вод відносять:

- А) флотацію;
- Б) центрифугування;
- В) коагуляцію.
- Г) адсорбцію.
- Д) випаровування.

7. Головною метою біологічної очистки води є:

- А) максимум продукції і деструкції;
- Б) максимум деструкції і мінімум продукції;
- В) максимум продукції і мінімум деструкції;
- Г) розкладання органічних речовин.
- Д) якість процесу очищення води.

8. До компонентів біогазу побутових відходів належать леткі кремнійорганічні сполуки, які мають:

- А) ковалентний зв'язок;
- Б) сілоксановий зв'язок;
- В) дипольний зв'язок.
- Г) водневий зв'язок.
- Д) ковалентний полярний зв'язок.

9. З метою зневоднення і подальшої утилізації надлишковий активний мул обробляють:

- А) в біофільтрах;
- Б) в метантенках;
- В) на полях фільтрації.
- Г) в аеротенках.
- Д) в фітореакторах.

10. Посилення біологічної продуктивності водних екосистем, внаслідок накопичення у воді біогенних елементів називається:

- А) ацидофікацією;
- Б) евтрофікацією;
- В) сукцесією.
- Г) термофікацією.
- Д) нуклідизацією.

11. Величина маси забруднюючих речовин (ЗР), що скинуті в складі стічних вод за певний час, яка не призведе до перевищення нормативів концентрацій ЗР у водоймі, називається:

- А) лімітуючим показником шкідливості;
- Б) фоновим створом;
- В) гранично допустимим скидом;
- Г) залповим скидом;
- Д) неофіційним скидом.

12. Здатність території до самовідновлення, до відновлення основних елементів природного середовища – природного кисню, води, ґрунтово-рослинного покриву характеризує:

- А) екологічну ємність території;

- Б) репродуктивну властивість території;
- В) стійкість до фізичних навантажень;
- Г) стійкість до антропогенних навантажень;
- Д) усі відповіді правильні.

13. *Причини виникнення захворювань сердечно-судинної, нервової, кровотворної та ендокринної систем пов'язані з впливом таких негативних факторів:*

- А) забруднення атмосферного повітря;
- Б) іонізуюче випромінювання, присутність канцерогенних речовин у воді, повітрі та продуктах живлення;
- В) сумісна дія факторів забруднення оточуючого природного середовища, радіації, шуму;
- Г) забрудненням поверхневих вод та якістю питної води;
- Д) забрудненням ґрунтів та продуктів харчування.

14. *У перехідній зоні полігону твердих побутових відходів проходять такі процеси:*

- А) гуміфікація;
- Б) денітрифікація;
- В) ацидогенез;
- Г) метаногенез;
- Д) сульфатредукція.

15. *Середньорічний стік з міських територій, порівняно з сільськогосподарськими угіддями:*

- А) більше в 2–4 рази;
- Б) менше в 2–4 рази;
- В) однаковий;
- Г) менше в 4–5 рази;
- Д) більше в 4–5 рази.

16. *Місця, де накопичились відходи видобутку, збагачення, переробки мінеральної сировини, запаси яких оцінені та мають промислове значення, відносять до:*

- А) державного фонду надр;
- Б) промислових родовищ;
- В) техногенних родовищ;
- Г) рекреаційних родовищ;
- Д) місцевого фонду природних ресурсів.

17. *Основна характеристика небезпеки шкідливої речовини, що встановлена для попередження рефлекторних реакцій у людини називається:*

- А) максимально разовою концентрацією;
- Б) середньо-смертельною концентрацією при нанесенні на шкіру;
- В) класом небезпеки речовини;
- Г) летальною концентрацією;
- Д) токсичною концентрацією.

18. При великих виверженнях вулкану лавовий потік поширюється на відстань:

- А) більш ніж 400–500 км;
- Б) до 30 км;
- В) до 1 км;
- Г) до 10 км;
- Д) до 20 км.

19. Технологічні процеси і схеми, що використовують при очищенні води, зумовлені...

- А) процесом, в якому вона утворилась;
- Б) фазово-дисперсним станом домішок води;
- В) потребами різних категорій користувачів води;
- Г) рівнем фахівців;
- Д) рівнем матеріально-технічної бази гідрохімічної лабораторії.

20. Безреагентне знезараження води проводиться за допомогою...

- А) хлору та його сполук;
- Б) озону;
- В) ультрафіолетового випромінювання;
- Г) сполук срібла;
- Д) пробіотичних бактерій.

21. Свійські тварини відносяться до категорії .... синантропів.

- А) часткових;
- Б) суворих;
- В) незалежних;
- Г) унікальних;
- Д) стійких.

22. Види, які існували на території до створення міста, називаються:

- А) реліктовими;
- Б) адвентивними;
- В) синантропами;
- Г) Еврибіонтами;
- Д) Стенобіонтами.

23. Мінімальна чисельність населення, що береться для визначення статусу міста в Україні, дорівнює:

- А) 2500;
- Б) 3000;
- В) 10000;
- Г) 4500;
- Д) 6000.

24. Головні забруднювачі повітря у містах, це:

- А) легка промисловість і хлібозаводи;
- Б) різні харчові комбінати і друкарні;
- В) енергетика і транспорт;
- Г) установи побуту і будівельні комбінати;
- Д) паління деяких мешканців міста.

25. Найважливішою і основною причиною літнього листопаду у містах є високий вміст у повітрі:

- А) метану;
- Б) чадного газу;
- В) свинцю;
- Г) хлору і фтору;
- Д) гексаметилендіаміну.

## ГЛОСАРІЙ

**Агломерація** – зарості рослин різних видів, однорідних в екологічному відношенні, скупчення великої кількості людей, тварин, населених пунктів, будівель тощо. Має негативне екологічне значення.

**Аерація** – природне провітрювання, насичення повітрям, киснем (організований природний повітрообмін).

**Антропогенний вплив** – прямий та опосередкований вплив людства на навколишнє середовище і його компоненти внаслідок господарської діяльності. Практично всі види людської діяльності постійно або періодично впливають на навколишнє середовище. Свідомо, цілеспрямовано людина впливає на природу з метою збільшення біопродуктивності ландшафтів за допомогою різних видів меліорації, добування та накопичення певних ресурсів, поліпшення умов життєдіяльності, запобігання стихійним природним процесам.

**Антропогенний ландшафт** – ландшафт, в якому на всій, чи на більшій частині території під впливом людини змінений хоча б один компонент. Антропогенний ландшафт є природним комплексом і у своєму розвитку керується природними закономірностями.

**Антропогенні зміни екосистеми** – зміни екосистем, спричинені діяльністю людини. Можуть бути позитивними і негативними, зворотними і незворотними. За масштабом прояву антропогенні зміни екосистем поділяють на локальні, регіональні та глобальні.

**Біоніка** – прикладна наука про застосування в технічних пристроях і системах принципів організації, властивостей, функцій і структур живої природи, тобто форми живого в природі і їхні промислові аналоги.

**Будинок** – будівельна система, що складається з несучих, огорожувальних і багатофункціональних конструкцій, що утворюють наземний чи наземно-підземний замкнутий об'єм, призначений для перебування людей і їхньої життєдіяльності.

**Взаємовідносини людини і природи** – комплексний вплив антропогенних факторів на природу і природних умов на життєдіяльність і здоров'я людини.

**Взаємозв'язок природи і суспільства** – діалектична єдність людини і навколишнього середовища.

**Вібрація** – механічні коливання пружних тіл.

**Відходи** – речовини, матеріали й предмети, що утворюються у процесі людської діяльності і не мають подальшого використання за місцем утворення чи виявлення. Вони спричиняють забруднення навколишнього середовища, займають простір природних екосистем, негативно впливають на живі природні об'єкти і тому потребують видалення чи знищення. Відходи можна переробляти та утилізувати за наявності відповідних технологій і економічних передумов.

**Газостійкість** – здатність біотичних об'єктів протистояти отруйній дії летких забруднювачів (оксиди сірки, азоту, галогени, органічні леткі сполуки). Найчастіше вивчають газостійкість рослин. Газостійкість буває пасивна (забезпечується морфо-фізіологічними бар'єрами); активна (пов'язана із



здатністю рослин трансформувати в процесі метаболізму отруйні сполуки у менш отруйні або неотруйні).

**Геліоенергетика** – отримання електроенергії від сонячної радіації.

**Геодинамічна зона** – межа між блоками Земної кори різної тектонічної активності.

**Геопатогенна зона** – зона Землі, яка характеризується геофізичною аномалією (зона подразнення) і негативним впливом земного випромінювання на організм людини.

**Гранично допустима концентрація (ГДК)** – норматив вмісту шкідливої речовини в навколишньому середовищі; кількість шкідливої речовини у навколишньому середовищі, віднесена до маси або об'єму його конкретного компонента, яка при постійному контакті чи під впливом в окремий проміжок часу практично не здійснює впливу на здоров'я людей та не викликає небезпечних наслідків у їхнього потомства.

**Гранично допустиме екологічне навантаження** – максимальне значення господарського чи рекреаційного навантаження на природне середовище, що встановлюється з урахуванням ємності середовища, його ресурсного потенціалу, здатності до саморегуляції та відтворення з метою охорони довкілля від забруднення, виснаження й руйнування.

**Гранично допустимий скид (ГДС)** – маса забруднювальних речовин у стічній воді, що є максимально допустимою для відведення за встановленим режимом цього пункту водного об'єкта за одиницю часу.

**Гранично допустимі викиди (ГДВ)** – максимальний об'єм викиду речовин за одиницю часу, який не призводить до перевищення їх ГДК.

**Демографічний вибух** – стрімке зростання народонаселення на земній кулі у 2-й половині ХХ ст., коли кількість народжених набагато перевищувала кількість померлих. Це призвело до різкого збільшення чисельності населення.

**Демографічна екологія** – галузь екології людини, що досліджує вплив демографічних процесів на стан і перспективи розвитку системи «суспільство – навколишнє середовище». Вивчає наявні та потенційні загрози для стану навколишнього середовища, пов'язані з перенаселенням (демографічний вибух), зокрема питання щодо об'єктивних оцінок межі зростання чисельності населення, дестабілізації глобальної екосистеми та кількісних характеристик динаміки народонаселення Землі. Розглядає ключові чинники загроз, пов'язаних з чисельністю населення Землі: невідповідність технологічної бази потребам суспільства, структурні деформації, суспільні конфлікти.

**Дренаж** – природне або штучне видалення води з поверхні землі або підземних вод.

**Евтрофікація** – підвищення біологічної продуктивності водних екосистем в результаті збільшення вмісту органічних речовин, які надходять у водойму в результаті діяльності людини.

**Екологічний моніторинг міського середовища** – це система спостережень, збору, обробки, передачі, зберігання та аналізу інформації про стан міського середовища, прогнозування його змін і розробка науково обґрунтованих рекомендацій для прийняття управлінських рішень.

**Екологія** – наука про відносини живих організмів і їх співтовариств між собою і з навколишнім середовищем.

**Екологія культури** – розділ соціальної екології, в задачі якого входить пошук шляхів збереження і відновлення різних елементів культурного середовища, створеного людством впродовж його історії.

**Екологія містобудівельна** – прикладна наука, в межах якої комплексно вивчають специфіку різних видів взаємодії природного середовища з містами і наслідки такої взаємодії.

**Еколого-естетична комфортність архітектурного середовища** – це найсприятливіші умови життєдіяльності людини, що забезпечуються сукупністю екологічних, функціональних, естетичних і економічних факторів.

**Експертиза екологічна** – система комплексної оцінки усіх можливих екологічних та соціально-економічних наслідків здійснення проєктів, функціонування народногосподарських об'єктів, прийняття рішень, спрямованих на запобігання їх негативного впливу на навколишнє середовище.

**Енергозбереження** – дії, спрямовані на зменшення кількості використовуваної енергії; використання відновлюваних джерел енергії; конструктивні та інженерні рішення для зниження рівня енерговитрат.

**Етика екологічна** – сфера досліджень, предметом якої є обґрунтування і розробка етичних принципів і норм, що регулюють ставлення людини до природи.

**Ємність рекреаційна** – рівень рекреаційного природокористування, який свідчить про можливість здійснення рекреаційної діяльності населення на певній території без деградації природного середовища та антропокультурних комплексів. Відображає здатність рекреаційно привабливої території до збереження та відновлення своїх властивостей в умовах нормального (регульованого) потоку рекреантів.

**Забруднення** – надходження до природного середовища або утворення в ньому твердих, рідких, газоподібних речовин, мікроорганізмів або енергії у кількості, що зумовлює зміну складу і властивостей компонентів природи і є шкідливою для людини, флори і фауни. Збільшення концентрації фізичних, хімічних, біологічних чи біотичних агентів у навколишньому середовищі, що може спричинювати негативні наслідки.

**Забруднення атмосферного повітря** – зміна складу і властивостей атмосферного повітря внаслідок надходження або утворення в ньому фізичних, біологічних чинників, хімічних сполук, що можуть несприятливо впливати на здоров'я людини та стан навколишнього середовища. Природні джерела – виверження вулканів, лісові пожежі, пилові бурі, процеси вивітрювання. Антропогенні – викиди від стаціонарних та пересувних джерел забруднення, випромінювання тощо.

**Забруднення електромагнітне** – форма фізичного антропогенного забруднення, що виникає внаслідок зміни електромагнітних властивостей середовища і спричиняє глобальні та місцеві геофізичні аномалії та зміни у тонких біологічних структурах. Несприятливий вплив електромагнітного поля на організм може проявитися при напрузі 1000 В/м. Найчутливішою до

електромагнітного забруднення є нервова система, зміни якої призводять до порушення інших систем організму і обмінних процесів.

**Забруднення теплове** – форма фізичного антропогенного забруднення, яке виникає внаслідок підвищення температури середовища, головним чином у зв'язку з промисловими викидами нагрітого повітря, гарячих газів і теплої води, або як вторинний наслідок зміни хімічного складу середовища.

**Забруднення фізичне** – забруднення середовища, пов'язане із зміною його фізичних параметрів: температурно-енергетичних (забруднення теплове), хвильових (забруднення світлове, шумове, електромагнітне), радіаційних (забруднення радіаційне) тощо.

**Забруднення хімічне** – забруднення пов'язане зі зміною природних хімічних властивостей середовища, а також проникнення в середовище хімічних речовин, яких у ньому не було або в концентраціях, що перевищують норму.

**Забруднення шумове** – форма фізичного забруднення (антропогенного походження), яке виникає в результаті збільшення інтенсивності і повторюваності шуму понад природний рівень. Забруднення шумове спричинює збільшення втомлюваності та зниження розумової активності людини, воно, як правило, спричинене великою кількістю промислових об'єктів і транспорту, що призводить до підвищеної втомлюваності людини, зниження її розумової активності, поступової втрати слуху.

**Забруднювачі (забруднюючі речовини)** – природні або антропогенні фізичні агенти, хімічні речовини, які потрапляють у природне середовище або виникають у ньому в кількостях, що перевищують межі звичайних граничних коливань чи середнього природного фону за певний відрізок часу, або перебувають у ньому в кількостях, що перевищують показники, допустимі для конкретних цілей.

**Загазованість** – відчутна концентрація в атмосфері шкідливих газоподібних речовин, не властивих природному складу повітря.

**Зелена (екологічна) архітектура** – прикладний розділ архітектури, метою якого є зниження рівня споживання енергетичних і матеріальних ресурсів під час експлуатації будівлі і зниження впливу на навколишнє середовище. Іншою метою зеленого будівництва є збереження або підвищення якості будівель і комфорту їх внутрішнього середовища. Ця практика розширює і доповнює класичне будівельне проектування поняттями економії, корисності, довговічності і комфорту.

**Зелена зона міста** – територія за межами міста зайнята лісами і лісопарками, яка виконує захисні та санітарно-гігієнічні функції і є місцем відпочинку населення.

**Зона водоохоронна** – природоохоронна територія регульованої господарської діяльності, що встановлюється вздовж річок, морів та навколо озер, водосховищ для створення сприятливого режиму водних об'єктів, запобігання їх забрудненню, засміченню й вичерпанню, знищенню навколо водних рослин і тварин, а також зменшенню коливань стоку.

**Зона ландшафтно-рекреаційна** – територія, що включає озеленені

ділянки, водні простори та інші сприятливі елементи природного ландшафту в межах забудови населеного пункту та його приміської зеленої зони. До її складу входять: парки, сади, лісо- та гідропарки, міські ліси, пляжі, а також охоронні ландшафти, землі сільськогосподарського використання та інші угіддя, які формують систему відкритих просторів; позаміські зони масового короткочасного й тривалого відпочинку, курортні території, ділянки установ громадського обслуговування відпочиваючих.

**Зона надзвичайної екологічної ситуації** – ділянки території, де внаслідок господарської діяльності чи урбанізації відбуваються стійкі негативні зміни параметрів навколишнього середовища, здатні викликати кризовий стан і навіть деградацію природи.

**Зона сельбицна** – територія, що включає ділянки житлової забудови різних типів та громадські забудови установ і підприємств громадського обслуговування населення, адміністративно-управлінських, правоохоронних, медичних, торгівельно-підприємницьких, спортивних та інших закладів.

**Зсуви** – це сходження земельних мас вниз по схилу під дією власної ваги і навантажень (фільтраційних, сейсмічних чи вібраційних).

**Інсоляція** – опромінення земної поверхні, будівель і споруд сонячною радіацією усіх видів, що справляє світловий, тепловий і бактерицидний вплив. В містобудуванні та архітектурі вимірюється тривалістю опромінення поверхонь, год./добу.

**Інтенсивність забруднення** – загальний рівень вмісту чи швидкість потрапляння забруднювачів до екосистеми.

**Інфраструктура інженерна** – система забезпечення ресурсами і видалення відходів життєдіяльності, необхідна для оптимального функціонування архітектурних об'єктів і територіальних утворень, що складається з комунікацій і споруд.

**Клімат** – багаторічний режим погоди, який базується на багаторічних метеорологічних спостереженнях, 25–50-річні цикли, одна з основних географічних характеристик тієї чи іншої місцевості. Основні особливості клімату обумовлюють атмосферний тиск, швидкість і напрям вітру, температура і вологість повітря, хмарність і атмосферні опади, тривалість сонячної радіації, дальність видимості, температура верхніх шарів ґрунту і водоймищ, випаровування води із земної поверхні в атмосферу, висота і стан сніжного покриву, різні атмосферні явища і наземні гідрометеори (роса, ожеледь, туман, грози, завірюхи тощо).

**Комфортність** – найсприятливіші умови життєдіяльності людей, сукупність побутових зручностей, ергономічності та екологічної безпеки.

**Ландшафтні території міста** – це фрагменти міського середовища, вирішені за допомогою засобів ландшафтного дизайну, в структурі яких переважають природні компоненти.

**Ландшафтно-техногенний комплекс** – система у якій основну роль відіграє технічний блок, функціонування якого керується людиною. Такі системи не здатні до природного саморозвитку.

**Меганоліси** – найкрутіші сучасні міста з населенням в один і більше

мільйонів чоловік (Мехіко, Бомбей, Нью-Йорк, Філадельфія, Вашингтон, Токіо та ін.).

**Меліорація забруднених ґрунтів** – відновлення забруднених ґрунтів в результаті внесення хімічних речовин, які нейтралізують забруднюючі речовини промивання ґрунту водою, перемішування з незабрудненим ґрунтом, мікробіологічна очистка ґрунту.

**Мислення екологічне** – специфічне ставлення до розгляду архітектурної та містобудівельної діяльності з точки зору взаємовідносин суспільства і природи, антропогенного впливу на середовище життєдіяльності і природних явищ на об'єкти будівництва.

**Мікроклімат** – клімат приземного шару повітря, обумовлений мікромасштабними відмінностями земної поверхні усередині місцевого клімату.

**Місто** – великий населений пункт, жителі якого, в основному, зайняті в галузях промисловості, послуг, управління, науки, культури та ін.

**Містобудування** – теорія і практика планування і забудови міст, що охоплює комплекс соціально-економічних, санітарно-гігієнічних, інженерно-будівельних, архітектурно-художніх заходів, а також питання законодавчого забезпечення планувальної діяльності.

**Міська екосистема** або урбоекосистема – функціональна єдність живих компонентів міста (рослинних, тваринних, мікробних, грибних) середовища їхнього існування та процесів, що відбуваються внаслідок їх взаємодії між собою та з іншими компонентами міської геосоціосистеми.

**Міське комунальне господарство** – споруди і системи, а також підприємства та організації, що їх експлуатують, які забезпечують функціонування міста як складної соціально-еколого-економічної системи. До них відносяться системи водопостачання, водовідведення, енергопостачання, зв'язку, міський транспорт, благоустрій і санітарне прибирання території міста, а також міські зелені насадження і водойми.

**Міське середовище** – 1) частина географічної оболонки, що обмежена територією, яку займає місто, його приміська зона і пов'язані з ним інженерні і транспортні споруди. Міське середовище включає в себе природні і штучні компоненти, а також людей і їх соціальні групи. 2) синтезована сукупність усіх складових елементів міста (функціональних, композиційно-планувальних, інженерно-комунікаційних та інших), що забезпечує високу якість умов життєдіяльності людини.

**Навколишнє середовище (довкілля)** – навколишнє щодо людини, групи людей чи суспільства середовище, в якому живуть люди, відбуваються виробничі, соціальні, демографічні, політичні процеси. Характеризується не лише природними показниками (температура, вологість, місткість, мальовничість, придатність для оздоровлення й відпочинку), а й соціально-економічними, демографічними, етнічними та іншими умовами життя і праці.

**Небезпечні геологічні процеси** – геологічні та інженерно-геологічні процеси, які негативно впливають на територію, господарські і промислові об'єкти та життєдіяльність людей.

**Нормування екологічне** – встановлення допустимих меж змін природного стану навколишнього середовища без порушення умов його саморегулювання, самоочищення довкілля. Базою для нормування є екологічні стандарти і нормативні документи Міністерства охорони навколишнього природного середовища.

**Нормування якості середовища** – встановлення дозволених меж змін природних властивостей води, повітря і ґрунтів.

**Озеленення населених місць** – діяльність, спрямована на створення системи зелених насаджень населених пунктів. Поліпшує мікроклімат, знижує швидкість вітру, регулює інсоляційні потоки, зменшує концентрацію шкідливих газів і диму, нейтралізує міські шуми, створює у населених пунктах природне пейзажне оточення.

**Охоронна зона** – вид захисної природної території, виділеної навколо території та об'єктів природно-заповідного фонду або на землях, прилеглих до окремих їх ділянок, для забезпечення необхідного режиму збереження природних комплексів, запобігання негативній дії або нейтралізації несприятливих природних і антропогенних факторів.

**Очищення води** – надання воді необхідних якостей відповідно до встановлених нормативних показників. Очищають води різного походження: природні, ті що надходять з природних джерел до водопровідної мережі комунального господарства, теплогенеруючих станцій, на промислові підприємства. Води стічні перед скиданням у водойми або перед їх повторним використанням у технологічних процесах очищають на водоочисних станціях, поверхневі води природних джерел перед подачею до комунальної мережі – освітлюють, дегазують, знезаражують. Методи очищення води вибирають залежно від їх походження.

**Очищення повітря** – видалення з повітря шкідливих домішок для забезпечення необхідних санітарних умов роботи працівників, а також застосуванням як реагенту у хіміко-технологічних чи енергетичних процесах. Повітря очищають переважно вилученням з нього пилу, вологи, вуглекислого газу та деяких інших домішок.

**Очищення стічних вод** (населених пунктів) – надання стічним водам населених пунктів необхідних якостей відповідно до встановлених показників перед скиданням у природні водойми. Стічні води населених пунктів належать до побутових стоків, які очищають окремо від інших видів стічних вод через їх специфічний якісний та кількісний склад, зокрема високий вміст органічних сполук і бактерій.

**Пам'ятка природи** – територія або об'єкт природно-заповідного фонду загальнодержавного чи місцевого значення. Створена для охорони унікальних природних утворень, які мають особливе природоохоронне, науково-естетичне і пізнавальне значення. Це окремі старі дерева або групи дерев, джерела, серед них є також скелі, печери, озера.

**Парк міський** – територія у межах міста з природними або штучними зеленими насадженнями у вигляді масивів, гаїв, куртин, груп, окремих дерев і кущів, живоплотів, зелених стінок, газонів, квітників тощо. Створений для

організації масового відпочинку, окремих видів розваг, а також виховної та культурно-освітньої роботи. У парках розташовують атракціони, музеї, кафе, бари, ресторани, танцювальні та дитячі майданчики, кінотеатри, естрадні павільйони та ін.

**Підтоплення** – це підвищення рівня ґрунтових вод до критичних величин (менше 1–2 м від поверхні землі) внаслідок реакції геологічного середовища на незбалансований вплив техногенних факторів.

**Поверхневий стік** – це дощові, талі і поливальні води, які вільно стікають з території по рельєфу місцевості (неорганізований стік), чи збираються з території у канали і надходять у каналізацію (організований стік).

**Приміська зелена зона** – частина території приміської зони, що включає ліси, лісопарки, штучні зелені насадження.

**Природокористування** – використання природних ресурсів, яке складається з сукупності всіх форм експлуатації природно-ресурсного потенціалу і засобів його збереження. Включає: видобування та переробку природних ресурсів, їх відновлення або відтворення; використання і охорону природних умов життєвого середовища, відновлення та раціональні зміни екологічного балансу природних систем, що виконують функції збереження природно-ресурсного потенціалу розвитку суспільства.

**Природоохоронні заходи** – науково-обґрунтована планова діяльність органів держав, державних, кооперативних, громадських підприємств, установ, що проводиться з метою попередження і усунення шкідливих наслідків рекреаційної та господарської діяльності людини і відтворення природних ресурсів.

**Рекультивация порушених земель** – система заходів, що направлені на відновлення господарської цінності і комплексне покращення земель, які порушені в результаті господарської діяльності людини. Це один із видів меліорації.

**Рекреаційна зона** – територія, призначена для організації відпочинку населення, туризму та проведення спортивних заходів. Зона належить до системи природних територій та об'єктів, що підлягають особливій охороні і входять до складу екологічної мережі. Правовий режим, порядок і створення, організації та використання визначають законодавчі документи.

**Рекреаційна територія** – територія, яка використовується для оздоровлення людей, масового відпочинку, туризму та екскурсій. У залежності від призначення виділяють дві групи рекреаційної території – для короткотривалої рекреації (лісопарки, зелені зони, водні об'єкти тощо) і довготривалої (приморські райони, лікувально-санаторні курорти і курортні райони).

**Рекреація** – 1) відновлення здоров'я і працездатності шляхом відпочинку на природі; 2) територія чи приміщення для відпочинку.

**Ресурси** – будь-які джерела й передумови для одержання необхідних людям матеріальних і духовних благ, які можна реалізувати за наявних технологій і соціально-економічних умов. Виділяють ресурси матеріальні, трудові, інтелектуальні, інформаційні, природні.

**Ресурси рекреаційні** – частина природних ресурсів, що забезпечує відпочинок як засіб відновлення і підтримання працездатності й здоров'я людини. Ресурси розрізняють – природні (природно-територіальні комплекси) і культурно-історичні (пам'ятки історії, архітектури, археології, мистецтва, пам'ятки природи).

**Рівень забруднення** – абсолютна чи відносна величина вмісту в середовищі шкідливих речовин.

**Санація** – заходи, спрямовані на створення у старій забудові достатніх санітарно-гігієнічних умов згідно з сучасними вимогами; ліквідація забудови з метою використання даної території для нового будівництва.

**Санітарно-захисна зона** – територія між промисловим підприємством або іншим виробничим об'єктом, що є джерелом забруднення навколишнього природного середовища, і найближчою житловою забудовою або прирівнюваними до неї об'єктами, призначена для зменшення залишкового впливу забруднюючих чинників до рівня гігієнічних нормативів з метою захисту населення від їх несприятливого впливу.

**Селітебний ландшафт** – ландшафт населених пунктів з їх будівлями, вулицями, дорогами, зеленими насадженнями.

**Система водовідведення** – Система призначена для відведення відходів життєдіяльності людей, води, яка була використана для побутових потреб і в технологічних процесах, а також, дощових і талих вод з території міста.

**Система водопостачання** – система призначена для побутового, технічного водопостачання міста.

**Смог** – токсичний туман, що являє собою аерозоль, який утворився зі складної суміші диму, туману, пилу. Спостерігається в атмосферному повітрі великих міст і промислових центрів за відповідних метеорологічних умов (незначна турбулентність повітря, стійкий розподіл температури по висоті, слабкий вітер або штиль). У складі аерозолі є частинки сажі, попелу, продуктів сухої перегонки палива, інших хімічних речовин або продуктів їх фотохімічних перетворень.

**Соціальна екологія** – наука, що вивчає умови і закономірності взаємодії суспільства і природи. Соціальна екологія поділяється на економічну, демографічну, урбаністичну, футурологічну і правову екологію.

**Токсичність** – здатність деяких фізичних явищ, хімічних речовин і сполук справляти шкідливий вплив на організм людини.

**Урбанізація** – 1) виникнення і постійне збільшення площ і чисельності міст, зростання ролі міст у соціально-економічному розвитку суспільства, формування міського населення, яке характеризується специфічним способом життя, виникнення «міських» популяцій рослин і тварин. 2) процес підвищення ролі міст в розвитку суспільства.

**Урбанізоване середовище** – середовище зі специфічними екологічними умовами, що формуються в природно-антропогенних системах на урбанізованих територіях.

**Урбанізований ландшафт** – ландшафт населених пунктів, який включає практично всі види антропогенного ландшафту. Необхідною і достатньою



умовою формування урбанізованого ландшафту є наявність селітебного ландшафту.

**Урбаністика** – комплекс наукових і практичних знань про розвиток міст.

**Урбаністична екологія** – розділ соціальної екології, що вирішує проблеми захисту навколишнього середовища урбанізованих територій.

**Урбогеосоціосистема** – нестійка природно-антропогенна система, яка формується на урбанізованих територіях і містить техносистему, природну екосистему та соціальну систему.

**Урбоекологія** – наука про взаємозв'язки та взаємодію у часі й просторі двох систем – міської і природної. Об'єкт вивчення – міські біогеоценози.

**Урбоекосистема** – нестійка природно-антропогенна система, яка складається на урбанізованих територіях з архітектурно-будівельних об'єктів і різко змінених природних екосистем.

**Фітомеліорація** – напрямок прикладної екології, який полягає в дослідженні, прогнозуванні і використанні рослинних систем для покращення геофізичних, геохімічних, біотопічних, просторових та естетичних характеристик навколишнього середовища, проектуванні і створенні штучних рослинних угруповань.

**Фітомеліоративна система** – рослинне угруповання природного чи штучного походження, яке використовується для фітомеліорації.

**Шум** – сукупність численних звуків, що швидко змінюються за частотою і силою; неприємний і негармонійний звук, який при високій інтенсивності може викликати порушення фізіологічної діяльності людини, спричинити стрес і нервові розлади.

**Шумозахист** – заходи, спрямовані на зниження рівня шуму в середовищі життєдіяльності.

**ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА**

1. Чорна В.І., Кацевич В.В. Урбоекологія. Практикум : навч. посіб. Дніпро : Акцент ПП, 2019. 180 с.
2. Філіпова Л.М., Стадник А.П., Мацкевич В.В., Карпук Л.М., Василенко І.Д. Урбоекологія та фітомеліорація : навч. посіб. Біла Церква : ТОВ «Білоцерківдрук», 2018. 214 с.
3. Василенко І.А., Півоваров О.А., Трус І.М., Іванченко А.В. Урбоекологія : навч. посіб. Дніпро : Акцент ПП, 2017. 309 с.
4. Борисовська О.О., Деменко О.В., Павличенко А.В. Утилізація та рекуперація відходів. Методичні рекомендації до виконання практичних робіт для студентів спеціальностей 101 «Екологія» та 183 «Технології захисту навколишнього середовища». Дніпро : Національний гірничий університет, 2017. 56 с.
5. Рибалова О.В. Поводження з відходами : курс лекцій для студентів денної форми навчання. Спеціальність 101 «Екологія» Освітньо-кваліфікаційний ступінь «магістр». Харків : НУЦЗУ, 2016. 530 с.
6. Мовчан Я.І., Шаравара В.В., Федоришин Б.О. Моніторинг екологічних ризиків поводження з опалим листям на урбанізованих територіях. *Вісник Кам'янець-Подільського націон. ун-ту ім. Івана Огієнка. Серія Екологія*. Кам'янець-Подільський : Кам'янець-Подільський націон. ун-т ім. Івана Огієнка, 2016. Випуск 1. С. 175–184.

## РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

## ОСНОВНА:

1. Чайка В.М., Рубежняк І.Г., Міняйло А.А. Екологія міських екосистем (урбоекологія) : посібник. Київ : Компрінт, 2015. 337 с.
2. Запорожець О., Мовчан Я., Гавриленко В., Гаврилук Р., Гай А., Гулевець Д. [та ін.]. Елементи сучасної урбоекології : навч. електронний посіб. Київ : НАУ, 2015. 265 с.
3. Климчик О.М., Багмет А.П., Данкевич Є.М., Матковська С.І. Екологія міських систем : навч. посіб. Частина 1. Житомир : Видавець О.О. Євенок, 2016. 460 с.
4. Філіпова Л.М., Стадник А.П., Мацкевич В.В. Карпук Л.М., Василенко І.Д. Урбоекологія та фітомеліорація : навч. посіб. Біла Церква : ТОВ «Білоцерківдрук», 2017. 214 с.
5. Василенко І.А., Півоваров О.А., Трус І.М., Іванченко А.В. Урбоекологія. Дніпро : Акцент ПП, 2017. 309 с.

## ДОДАТКОВА:

1. Франчук Г.М., Запорожець О.І., Архіпова Г.І. Урбоекологія і техноекоекологія : підруч. для студентів екол. спец. ВНЗ. Київ : НАУ, 2011. 494 с.
2. Солуха Б.В., Фукс Г.Б. Міська екологія : навч. посіб. Київ : КНУБА, 2004. 338 с.
3. Франчук Г. М., Ісаєнко В. М. Урбоекологія. Київ : НАУ, 2003. 136 с.
4. Кучерявий В.П. Урбоекологія : підручник для студ. вищ. навч. зак. Львів : Вид-во «Новий Світ-2000», 2001. 460 с.
5. Гуцуляк В.М. Ландшафтна екологія : геохімічний аспект : навч. пос. Чернівці : Рута, 2002. 272 с.
6. Клименко Л.П. Техноекоекологія : навчальний посібник. Одеса : «Фонд Екопрінт», Сімферополь : Таврія, 2000. 542 с.
7. Кучерявий В.П. Озеленення населених місць : підручник. Львів : Світ, 2005. 456 с.
8. Клименко М.О. Пилипенко Ю.В., Мороз О.С. Екологія міських систем : підручник. Херсон : Олді-плюс, 2010. 294 с.
9. Rylsky A.F., Dombrovskii K.O., Krupcu K.S., Petrusha Yu.Yu. Biological Treatment of Storm Wastewater at Industrial Enterprise Using the Immobilized Microorganisms and Hydrobionts. *Journal of Water Chemistry and Technology*. 2016. Vol. 38, № 4. P. 232–237.
10. Dombrovskiy K.O., Rylskiy A.F., Gvozdiak P.I., Sherstoboieva O.V., Petrusha Yu.Yu. Distribution of inorganic nitrogen compounds in purification of storm wastewater of the engine-building manufactory. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*. 2020. № 2. P. 112–118.
11. Dombrovskiy K.O., Gvozdyak P.I. Biological afterpurification of industrial

Sewage from hexamethylene diamine using Periphyton communities on the «VIYa» fibrous carrier and on the root system of *Eichhornia crassipes*. *Hydrobiol. Journal*. 2018. Vol. 54, № 4. P. 63–71.

#### ІНФОРМАЦІЙНІ РЕСУРСИ:

1. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України. URL: <http://eia.menr.gov.ua/> (дата звернення: 18.01.2023).
2. Журнал «Екологічні науки» – академічного науково-практичного видання. URL: <http://ecoj.dea.kiev.ua/vimogi> (дата звернення: 18.01.2023).
3. Національний екологічний центр України. URL: <https://necu.org.ua/> (дата звернення 18.01.2023).
4. WEB-каталог з довкілля. URL: <https://www.webdirectory.com/> (дата звернення 18.01.2023).
5. Адреса дисципліни «Урбоекологія» СЕЗН ЗНУ. URL: <https://moodle.znu.edu.ua/course/view.php?id=442> (дата звернення: 18.01.2023).

Навчально-методичне видання  
(українською мовою)

Домбровський Костянтин Олегович  
Рильський Олександр Федорович

## **УРБОЕКОЛОГІЯ**

Навчально-методичний посібник  
для здобувачів ступеня вищої освіти бакалавра  
спеціальності «Екологія» освітньо-професійної програми «Екологія, охорона  
навколишнього середовища та збалансоване природокористування»

Рецензент *Н.В. Воронова*  
Відповідальний за випуск *О.Ф. Рильський*  
Коректор *К.О. Домбровський*