

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА**

**МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ**

до проведення практичних занять та організації самостійної роботи  
з навчальної дисципліни

**«ДОСЛІДНИЦЬКО-ІННОВАЦІЙНА ДІЯЛЬНІСТЬ  
У СФЕРІ ТЕХНОЛОГІЙ ЗАХИСТУ НАВКОЛИШНЬОГО  
СЕРЕДОВИЩА»**

*(для здобувачів третього (освітньо-наукового)  
рівня вищої освіти денної та заочної форм навчання  
зі спеціальності 183 – Технології захисту  
навколишнього середовища)*

**Харків  
ХНУМГ ім. О. М. Бекетова**

**2024**

Методичні рекомендації до проведення практичних занять та організації самостійної роботи з навчальної дисципліни «Дослідницько-інноваційна діяльність у сфері технологій захисту навколишнього середовища» (для здобувачів третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти денної та заочної форм навчання зі спеціальності 183 – Технології захисту навколишнього середовища) / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова ; уклад. : В. О. Юрченко, О. Г. Мельнікова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2024. – 28 с.

Укладачі: д-р техн. наук, проф. В. О. Юрченко,  
канд. техн. наук, доц. О. Г. Мельнікова

Рецензент

**Н. О. Телюра**, кандидат технічних наук, доцент кафедри інженерної екології міст Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова

*Рекомендовано кафедрою інженерної екології міст, протокол № 14 від 29 грудня 2023 р.*

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	4
ЗАНЯТТЯ 1	
ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС – СУТЬ ВЗАЄМОДІЇ ЛЮДИНИ З ПРИРОДОЮ .....	5
ЗАНЯТТЯ 2	
НОВІТНІ НАПРЯМКИ ДОСЛІДЖЕНЬ У ГАЛУЗІ ЗАХИСТУ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА .....	6
ЗАНЯТТЯ 3	
НОВІТНІ НАПРЯМКИ ДОСЛІДЖЕНЬ У ГАЛУЗІ ЗАХИСТУ ВОДНОГО СЕРЕДОВИЩА ТА ЗАХИСТУ ДОВКІЛЛЯ ВІД ЗАБРУДНЕННЯ ОРГАНІЧНИМИ ВІДХОДАМИ.....	9
ЗАНЯТТЯ 4	
ЕМПІРИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ У РОЗРОБЦІ БІОТЕХНОЛОГІЙ ГЛИБОКОГО ОЧИЩЕННЯ МІСЬКИХ СТІЧНИХ ВОД ВІД СПОЛУК НІТРОГЕНУ ТА ФОСФОРУ (ЛАБОРАТОРНЕ ЕКСПЕРИМЕНТУВАННЯ) .....	12
ЗАНЯТТЯ 5	
ЕМПІРИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ – ПРОМИСЛОВИЙ ЕКСПЕРИМЕНТ – ДЛЯ РОЗРОБКИ БІОТЕХНОЛОГІЙ ГЛИБОКОГО ОЧИЩЕННЯ МІСЬКИХ СТІЧНИХ ВОД ВІД НІТРОГЕНУ ТА ФОСФОРУ .....	14
ЗАНЯТТЯ 6, 7	
ІННОВАЦІЙНА ДІЯЛЬНІСТЬ У СФЕРІ ТЕХНОЛОГІЙ ЗАХИСТУ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА ВІД ЗАБРУДНЕННЯ ПИЛОГАЗОПОДІБНИМИ ВИКИДАМИ, СТІЧНИМИ ВОДАМИ ТА ОРГАНІЧНИМИ ВІДХОДАМИ .....	16
ТЕМИ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТІВ І ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПІДГОТОВКИ .....	20
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ .....	24
ДОДАТКИ.....	25

## ВСТУП

Мета методичних рекомендацій – допомога аспірантам під час підготовки до практичних занять, проведення розрахунків та виконання самостійної роботи з теоретичним й практичним матеріалом згідно з навчальним планом.

У методичних рекомендаціях подано мету, у стислій формі викладено зміст і загальні відомості щодо тем практичних занять; надано питання щодо ключових задач у вирішенні завдань кожної теми, а також посилання на джерела для самостійного вивчення матеріалу.

# ЗАНЯТТЯ 1

## ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС – СУТЬ ВЗАЄМОДІЇ ЛЮДИНИ З ПРИРОДОЮ

**Мета заняття** – вивчення змісту понять «техніка» та «технології», їхньої еволюції в історії людства та ролі в сучасному суспільстві.

**Зміст заняття** – ознайомлення з розвитком техніки, способів виробництва, основними елементами виробничого процесу та змістом технологічних процесів.

**Загальні відомості.** Зміст поняття техніки історично трансформувався, відображаючи розвиток способів виробництва і засобів праці. Технічними об'єктами є:

- а) матеріальні явища;
- б) штучні явища.

Найпоширеніша типологія областей використання техніки приблизно така:

- землеробство і зрошувальні споруди;
- відділене від землеробства ремесло;
- будівельна техніка;
- видобувна техніка;
- військова техніка;
- транспортна техніка;
- обслуговування окремих галузей природознавства;
- техніка медична, спортивна та інші.

Технологія містить методи, прийоми, режим роботи, послідовність операцій і процедур, вона тісно пов'язана з використовуваними засобами, устаткуванням, інструментами, матеріалами.

Основними елементами будь-якого виробничого процесу є: засоби праці, предмети праці, праця людини.

Завдання діючої технології змінюються від умов її функціонування.

Динамізм технології відображає виконання будь-яких процесів, рухів, дій, проміжні стани яких можна зобразити у вигляді умовних позначень, малюнків, схем, креслень, а повністю – за допомогою сучасних технічних засобів.

Щоб отримати результат своєї діяльності, людина повинна знати закони, за якими відбувається зміна предмета праці, і вміло користуватися ними (практична технологія). З'єднання праці з його предметом і становить зміст технологічного процесу перетворення останнього в готову продукцію, суть взаємодії людини з природою.

## **ЗАНЯТТЯ 2**

### **НОВІТНІ НАПРЯМКИ ДОСЛІДЖЕНЬ У ГАЛУЗІ ЗАХИСТУ**

#### **НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА**

**Мета заняття** – вивчення основних забруднень довкілля та технічних методів його захисту.

**Зміст заняття** – ознайомлення з особливостями процесів, що використовуються в природозахисних технологіях, зокрема в захисті атмосферного повітря.

#### **Загальні відомості**

Реальний шлях екологізації промислової технології – це поступовий перехід до маловідходних, а потім і безвідходних замкнених циклів, що дає можливість досягти раціонального природокористування й охорони довкілля.

Забрудненням довкілля називається зміна якості навколишнього середовища, здатна викликати негативні наслідки.

Різні види забруднень довкілля можна класифікувати так:

1. Механічне – забруднення довкілля агентами, що виявляють лише механічний вплив без хіміко-фізичних наслідків.

2. Хімічне – зміна хімічних властивостей середовища, що негативно впливають на екосистеми та технологічні пристрої.

3. Фізичне – зміна фізичних параметрів середовища: температурно-енергетичних (теплове), хвильових (світлове, шумове, електромагнітне), радіаційних і т. ін.

4. Біологічне – проникнення в екосистеми видів тварин і рослин, не властивих цим екосистемам.

4.1. Біотичне – поширення певних біогенних речовин на території, де вони раніше не спостерігалися.

4.2. Мікробіологічне.

Критеріями якості довкілля слугують гранично допустимі концентрації, що є гігієнічними нормами.

Будь-який природоохоронний процес складається з низки послідовних стадій, у яких речовини зазнають хімічних або фізичних перетворень. Причому технології захисту довкілля (очищення стічних вод, відхідних газів і т. д.) містять у собі однотипні процеси, що характеризуються загальними закономірностями.

В основу переважної маси природоохоронних технологій покладені фізичні й хімічні перетворення.

### **Основні процеси природоохоронних технологій**

Основні процеси природоохоронних технологій залежно від кінетичних закономірностей їхнього перебігу, поділяються на класи:

- 1) гідромеханічні;
- 2) теплові;
- 3) масообмінні;
- 4) хімічні;
- 5) біохімічні;
- 6) механічні.

## Технології захисту атмосферного повітря

Загалом усі методи запобігання забрудненню атмосфери промисловими викидами можна поділити на дві великі групи:

- пасивні;
- активні.

Активні методи зниження забруднення атмосфери зменшують абсолютну кількість забруднювальних речовин, які надходять в атмосферу. До них відносять технологічні й інструментальні методи. До інструментальних методів зниження забруднення атмосфери відноситься обробка викиду в очисних спорудах. Технологія пиловловлення з урахуванням її завдань і цілей включає п'ять стадій.

Для кожного технологічного процесу важливо вибрати оптимальне рішення щодо застосування газоочисного устаткування. Найпоширенішою є класифікація систем очищення викидів, яка підрозділяє газоочисне устаткування за такими рівнями:

- складом речовин, що уловлюються;
- складом устаткування (способу очищення);
- ступенем впливу на основне виробництво;
- режимом експлуатації.

Спосіб очищення пилогазового потоку визначається такими групами факторів:

- необхідними ресурсами;
- параметрами вхідного потоку;
- параметрами вихідного потоку;
- впливом процедури очищення на основний виробничий процес;
- варіантом використання очищеного потоку;
- видом газоочисного устаткування.



Для уловлювання аерозолів (пилу і туманів) використовують сухі, мокрі і електричні методи.

Для знешкодження газів, що відходять, від газоподібних та пароподібних токсичних речовин застосовують такі методи:

- абсорбції (фізичної чи хемосорбції);
- адсорбції;
- каталітичні;
- термічні;
- конденсації чи компримірування.

### **ЗАНЯТТЯ 3**

## **НОВІТНІ НАПРЯМКИ ДОСЛІДЖЕНЬ У ГАЛУЗІ ЗАХИСТУ ВОДНОГО СЕРЕДОВИЩА ТА ЗАХИСТУ ДОВКІЛЛЯ ВІД ЗАБРУДНЕННЯ ОРГАНІЧНИМИ ВІДХОДАМИ**

**Мета заняття** – вивчення сучасних методів захисту водних об'єктів та методів поводження з твердими відходами.

**Зміст заняття** – ознайомлення з найпоширенішими технологіями очищення виробничих та міських стічних вод, біотехнологією утилізації органічних відходів.

### **Загальні відомості**

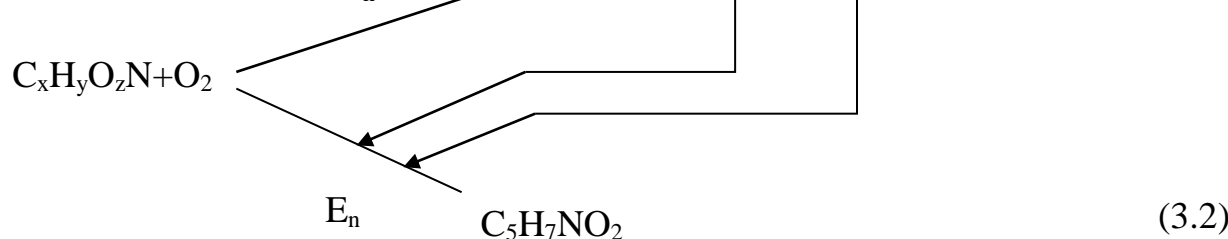
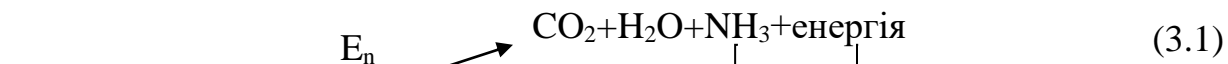
#### **Технології захисту водних об'єктів від забруднення стічними водами**

Основними методами обробки виробничих стічних вод є: усереднення концентрацій, механічні методи (затримання нерозчинних великих домішок на ситах, решітках, фільтрах, відстоювання, флотація), фізико-хімічні методи (кристалізація, випаровування, евапорація, екстракція; іонний обмін, сорбція, аерація), хімічні методи (нейтралізація, коагуляція) і біологічні методи.

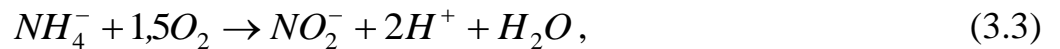
Біологічним шляхом за участю мікроорганізмів переробляються забруднення, що знаходяться у воді в розчиненому, колоїдному і нерозчинному

стані. Крім органічних речовин переробці піддаються деякі неокиснені неорганічні сполуки, такі, як сірководень, аміак, нітрити. У широкому наборі споруд біологічного очищення використано більшість відомих метаболічних процесів, властивих мікроорганізмам. Штучні екосистеми очисних споруд відрізняє висока густина біонаселення, висока концентрація поживних речовин, високий масообмін, можливість підтримки в них оптимальних умов для життєдіяльності організмів біоценозу. Всі ці особливості штучних екосистем у сукупності дозволяють домогтися високої інтенсивності біохімічних процесів в очисних спорудах. Очищення стічної води в аеробних умовах здійснюють у спорудах двох основних модифікацій: в аеротенках з активною біомасою (активний мул), завислою у воді, або в біофільтрах, де активна біомаса (біоплівка) іммобілізована на зернах інертного завантаження.

Активний мул – автофлокулювальна біомаса бактерій, актиноміцетів, грибів та найпростіших, у якій домінують капсульні, грамнегативні, паличкоподібні, монотріхальні бактерії. Найпростіших, нематод, коловерток, ракоподібних і інших безхребетних тварин традиційно розглядають як «супутні організми». Основну роль у процесах окиснення органічних і деяких неорганічних домішок стічних вод відіграють бактерії. Процес очищення від цих забруднень можна подати такими умовними реакціями:



Автотрофні бактерії-нітрифікатори окиснюють амонійний азот за реакціями (3.3) і (3.4):



### **Технології захисту навколишнього середовища від забруднення органічними відходами**

Переробка органічної сировини на метан (енергетична цінність якого становить 50 МДж/кг) відбувається в чотири етапи в процесі метаболізму та складних взаємодій у змішаних популяціях консорціуму бактерій.

Поетапне розщеплення органічної речовини відбувається нерівномірно, адже різні групи бактерій працюють із різною швидкістю. Швидше за всіх працюють кислотоутворювальні бактерії, що розщеплюють органічні субстрати протягом часу від декількох годин до 2 діб. В ідеальному випадку між етапами розщеплення встановлюється динамічна рівновага в концентрації речовин, а саме між подачею живильних речовин та їхнім розщепленням.

Основними технологічними параметрами, що визначають ефективність процесу анаеробного зброджування осадів, є їхній хімічний склад, температура та тривалість зброджування, навантаження за органічною речовиною, концентрація завантаженого осаду, а також режим завантаження і перемішування вмісту камери зброджування.

## ЗАНЯТТЯ 4

### ЕМПІРИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ У РОЗРОБЦІ БІОТЕХНОЛОГІЙ ГЛИБОКОГО ОЧИЩЕННЯ МІСЬКИХ СТІЧНИХ ВОД ВІД СПОЛУК НІТРОГЕНУ ТА ФОСФОРУ (ЛАБОРАТОРНЕ ЕКСПЕРИМЕНТУВАННЯ)

**Мета заняття** – вивчення вимог для постановки лабораторних експериментів.

**Зміст заняття** – ознайомлення з реалізацією всіх етапів лабораторного експерименту під час розроблення параметрів біотехнології глибокого вилучення біогенних елементів зі стічних вод.

**Загальні відомості.** Метод емпіричного дослідження, що базується на активному та цілеспрямованому втручанні суб'єкта у процес наукового пізнання явищ та предметів реальної дійсності шляхом створення умов, що контролюються та управляються, які дозволяють встановлювати визначені якості та закономірні зв'язки в об'єкті, що досліджується, та багатократно їх відтворювати.

Основною метою експерименту є виявлення властивостей досліджуваних об'єктів, підтвердження наукових гіпотез і на цій основі більш широке та поглиблене вивчення теми наукового дослідження. Лабораторні експерименти проводять з використанням типових приладів, спеціальних моделюючих установок, стендів, обладнання тощо.

Експеримент включає такі основні етапи:

- 1) розроблення плану – програми експерименту;
- 2) оцінку вимірювання та вибір засобів для проведення експерименту;
- 3) проведення експерименту;
- 4) обробку та аналіз експериментальних даних.

Дослідження основних положень моделювання для подальшої розробки проєкту проводили в лабораторній пілотній установці біологічного очищення,

яка за принципом дії є реактором послідовно-періодичної дії. Основні параметри процесу очищення стічної води: обсяг зони перемішування мулової суміші – 30 % від загального обсягу аеротенків; час обробки стічних вод – 10–12 год; розрахунковий вік мулу – 20 діб. Виконували 2 серії експериментальних досліджень з часом утримання стічної води в системі 24 та 12 год. У кожній серії досліджень відпрацьовували два режими очищення стічних вод: з використанням первинного відстоювання перед подачею на біологічне очищення і без первинного відстоювання (паралельно працювали дві лабораторні установки).

У лабораторні установки поміщали активний мул з діючих аеротенків МОС № 1 та досліджувані стічні рідини до та після обробки. Надлишковий активний мул видаляли з кожної установки 1 раз на добу в кількості 1/20 частини загального обсягу мулу в системі, створюючи розрахунковий вік мулу 20 діб.

У вихідній та відстояній стічній воді визначали:

- температуру;
- рН;
- концентрацію розчиненого кисню (DO) (тільки в стічній воді);
- ХСК, БСК<sub>повн</sub>, БСК<sub>5</sub> фільтрованої та не фільтрованої води;
- концентрацію завислих речовин, їхню зольність (тільки в стічній воді);
- групу нітрогену (нітроген К'ельдаля, амонійний нітроген, нітроген нітритів і нітратів);
- групу фосфору (загальний фосфор, фосфор фосфатів);
- лужність;
- концентрацію летких жирних кислот (ЛЖК) (тільки в стічній воді);
- ферум.

У зворотному мулі та муловій суміші після проведення експерименту визначали: дозу мулу за масою, дозу мулу за обсягом, зольність мулу, муловий індекс (результати вимірювань подані в конспекті лекцій).

## **ЗАНЯТТЯ 5**

### **ЕМПІРИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ – ПРОМИСЛОВИЙ ЕКСПЕРИМЕНТ – ДЛЯ РОЗРОБКИ БІОТЕХНОЛОГІЙ ГЛИБОКОГО ОЧИЩЕННЯ МІСЬКИХ СТІЧНИХ ВОД ВІД НІТРОГЕНУ ТА ФОСФОРУ**

**Мета заняття** – вивчення вимог та умов для постановки промислових експериментів з розробки технологій захисту навколишнього середовища.

**Зміст заняття** – ознайомлення з реалізацією всіх етапів промислового експерименту під час відпрацювання параметрів біотехнології глибокого вилучення біогенних елементів зі стічних вод.

**Загальні відомості.** Виробничий експеримент проводився в виробничих умовах на реальних виробничих об'єктах із залученням відповідних масштабів реагуючих речовин, енергії, працезатрат та ін. Експеримент був спрямований на вирішення проблеми підвищення ефективності очищення міських стічних вод за умов реконструкції існуючих споруд.

Пропонована схема дослідно-промислового експерименту (рис. 5.1) принципово найбільш близька до відомих схем А2/О процесу, УСТ процесу та VIP процесу, однак вона має і суттєві відмінності.

Процес очищення відповідно до розробленої схеми полягає в послідовному проходженні муловою сумішшю аноксидної, анаеробної та аеробної зон. Після надходження стічних вод у першу аноксидну зону в умовах відсутності розчиненого кисню і подачі потоку нітрату з кінця аеробної зони здійснюється процес денітрифікації. Після відновлення нітратів до вільного азоту наступають анаеробні умови. У присутності залишених після

денітрифікації органічних сполук в анаеробних умовах відбувається вивільнення сполук фосфору у водне середовище з клітин фосфоракумулювальних організмів (далі – ФАО). Потрапляючи в аеробну зону, ФАО починають активно споживати сполуки фосфору з водного середовища, запасуючи в своїх клітинах. В аеробній зоні відбувається окислення органічних забруднень, що залишилися, а також протікає процес нітрифікації.

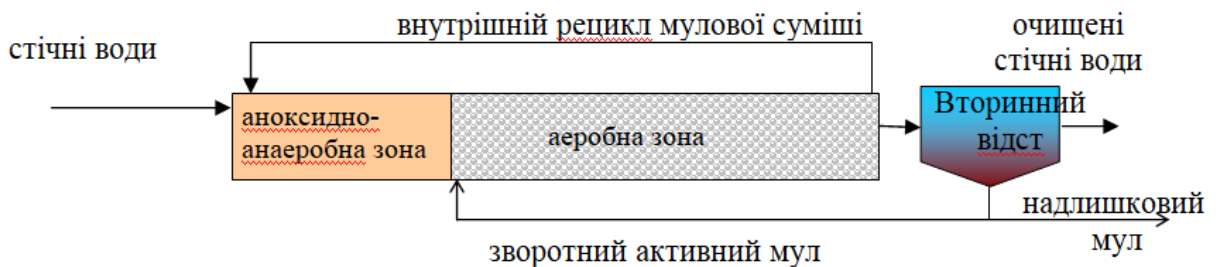


Рисунок 5.1 – Пропонована технологічна схема очищення стічних вод від сполук азоту та фосфору

Під час моделюванні процесів денітрифікації та біологічного видалення фосфору передбачалося, що конфігурація споруд може відповідати A/O, A2/O, VIP, UCT, Vardenpho процесам, а також процесу відповідно до розробленої технологічної схеми.

У промисловому експерименті розглядали чотири варіанти, для кожного з яких характерний свій набір споруд, що працюють. Зміни споруд, і склад стічних вод на вході і виході з споруд подані в таблицях в конспекті лекцій.

Аналіз роботи технологічної схеми у промислових умовах підтвердив теоретичні уявлення про механізми біологічного видалення сполук азоту та фосфору.

## **ЗАНЯТТЯ 6, 7**

# **ІННОВАЦІЙНА ДІЯЛЬНІСТЬ У СФЕРІ ТЕХНОЛОГІЙ ЗАХИСТУ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА ВІД ЗАБРУДНЕННЯ ПИЛОГАЗОПОДІБНИМИ ВИКИДАМИ, СТІЧНИМИ ВОДАМИ ТА ОРГАНІЧНИМИ ВІДХОДАМИ**

**Мета заняття** – вивчення інновацій у сфері технологій захисту навколишнього середовища.

**Зміст заняття** – ознайомлення з сучасними інноваційними методами очищення пилових та газоподібних викидів, виробничих та міських стічних вод, утилізації органічних відходів.

**Загальні відомості.** Ринок інновацій охоплює систему економічних відносин між споживачами інноваційної продукції чи послуг і суб'єктами пропозицій, тобто власниками інноваційної продукції, інформаційно-консультаційних послуг з приводу їхнього виробництва, придбання та їх використання.

Ринок інновацій має власну організаційну структуру, що містить три основні складові елементи:

- ринок наукових кадрів;
- ринок науково-технічної інформації;
- ринок наукової продукції.

За часом залучення до інноваційного процесу та підходом до вибору інновацій, ринкові суб'єкти поділяють на чотири категорії: експлеренти, пацієнти, комутанти і віоленти.

### **Інновації в технологіях захисту атмосферного повітря від забруднення промисловими викидами**

Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок (далі – СТЧ) є одним з найпоширеніших забруднювачів атмосферного повітря як у світі в



цілому, так і в Україні зокрема. Дослідження видів твердих частинок з розміром до 10 мкм ( $PM_{10}$ ) і до 2,5 мкм ( $PM_{2,5}$ ) та їхній вплив на навколишнє природне середовище і на здоров'я людей – це одне з головних завдань екологічної безпеки атмосферного повітря, яке вирішується науковцями багатьох країн світу.

СТЧ розміром 2,5 мкм та менше ( $PM_{2,5}$ ) і розміром 10 мкм та менше ( $PM_{10}$ ) ВОЗ використовує як ключові показники контролю рівня забруднення атмосферного повітря СТЧ.  $PM_{2,5}$  є найкращим показником для прогнозування гострих і хронічних захворювань, що спричиняються впливом СТЧ.

Ефективність традиційних пиловловлювальних установок підприємств не забезпечує достатній рівень екологічної безпеки, як джерел викидів  $PM_{2,5}$  та  $PM_{10}$ . Один із напрямків підвищення ефективності вилучення таких частинок з викидів є їхнє попереднє укрупнення, наприклад, за допомогою обробки негативно зарядженими іонами (так звана штучна іонізація пилогазового потоку).

Наразі найбільше поширення при очищенні газів від газоподібних шкідливих речовин одержали адсорбційні, абсорбційні й каталітичні методи, у яких використовуються новітні матеріали та обладнання.

В основі біохімічного методу очищення повітря від шкідливих газів лежить мікробіологічна руйнація та перетворення різних сполук.

### **Інновації в технологіях захисту об'єктів гідросфери від забруднення стічними водами**

Використання ефективних фізико-хімічних методів для локального очищення промислових стічних вод із метою створення замкнутих систем водопостачання підприємств із застосуванням глибоко очищених стічних вод.

Одним із шляхів підвищення ефективності та глибини біологічного очищення стічних вод (від органічних речовин, сполук азоту, фосфору та ін.) є збільшення концентрації активного мулу в об'ємі аеробного біореактора

(аеротенка), що дозволяє підвищити окисну потужність споруди, зменшити тривалість процесу та забезпечує зниження економічних витрат на очищення стічних вод.

Для цього використовують іммобілізовані, прикріплені до носіїв мікроорганізми. Основними перевагами іммобілізованих біокаталізаторів перед незакріпленими, розчинними або вільноплаваючими є: висока продуктивність і швидкість біологічних трансформацій; можливість безперервного або багаторазового використання біокаталізаторів; створення високої щільності біокаталізаторів в біореакторі і низькою – у рідині, що витікає з нього; отримання більш чистих кінцевих продуктів реакції; стійкість іммобілізованих біологічних систем до дії токсичних речовин і несприятливих фізико-хімічних умов.

Перспективним методом багаторазового підвищення концентрації активного мула в очисній споруді і до того ж альтернативою широко застосованому методу осадження активного мулу у вторинних відстійниках, що використовується в традиційних системах біологічного очищення в аеротенках, є використання мембранного модулю. Мембранний біореактор (МБР) поєднує біологічну обробку активним мулом з механічною мембранною фільтрацією.

Конструкції, які забезпечують в біореакторах високу дозу активної біомаси, є UASB, реактори, які використовують гранульований активний мул. Гранульований аероний та анаеробний мул, що становить щільні агрегатні утворення розміром від 2 мм до 8 мм, є продуктом іммобілізації біомаси анаеробного мулу, у результаті процесів, що проходять на межі поділу твердої і рідкої фази.

## **Інновації в технологіях захисту навколишнього середовища від забруднення органічними відходами**

Виділяють конструктивно-технологічні та мікробіологічні методи інтенсифікації процесів метанового зброджування органічних відходів. До конструктивно-технологічних методів віднесені підготовка сировини, перемішування, розподіл процесу метанового бродіння на стадії, підтримування оптимальної температури. До мікробіологічних методів – культивування нових штамів мікроорганізмів, використання домішок, що стимулюють процеси гідролізу, дезінтеграції та окиснення, іммобілізація мікроорганізмів на інертному носії, спільне зброджування органічних субстратів. Наприклад, підвищення метаногенерації створює вплив м'якої термічної попередньої обробки (50–120 °C) органічних субстратів з низьким вмістом органічних речовин. Як домішка, що стимулює процес зброджування, досліджений вплив  $\text{CaO}_2$  у поєднанні з мікрохвильовим опроміненням.

Спільне зброджування органічних субстратів (коферментація) передбачає переробку кількох видів відходів одному реакторі.

## **ТЕМИ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТІВ І ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПІДГОТОВКИ**

### **Тема 1 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС – СУТЬ ВЗАЄМОДІЇ ЛЮДИНИ З ПРИРОДОЮ**

1. Поняття «техніка». Технічні об'єкти.
2. Найпоширеніша типологія областей використання техніки.
3. Технологія. Загальні характеристики.
4. Основні елементи будь-якого виробничого процесу.
5. Динамізм технології та способів впливу на предмети праці.

### **Тема 2 НОВІТНІ НАПРЯМКИ ДОСЛІДЖЕНЬ В ГАЛУЗІ ЗАХИСТУ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА**

1. Забруднення довкілля і його види.
2. Основні процеси природоохоронних технологій.
3. Технології захисту атмосферного повітря.
4. Основні напрямки охорони атмосферного повітря.
5. Технологія пиловловлення.
6. Конструкції газоочисного устаткування.
7. Методи, що застосовують для очищення газів, що відходять, від газоподібних та пароподібних токсичних речовин.

### **Тема 3 НОВІТНІ НАПРЯМКИ ДОСЛІДЖЕНЬ В ГАЛУЗІ ЗАХИСТУ ВОДНОГО СЕРЕДОВИЩА ТА ЗАХИСТУ ВІД ЗАБРУДНЕННЯ ОРГАНІЧНИМИ ВІДХОДАМИ**

1. Технології захисту водних об'єктів від забруднення стічними водами.
2. Основними методи обробки виробничих стічних вод.

3. Механічні методи очищення.
4. Фізичні методи очищення.
5. Хімічні методи очищення.
6. Біологічні методи очищення. Принцип та технологічні схеми.
7. Активний мул. Аеробні та анаеробні процеси.
8. Біотехнології захисту навколишнього середовища від забруднення органічними відходами.

#### **Тема 4 ЕМПІРИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ У РОЗРОБЦІ БІОТЕХНОЛОГІЙ ГЛИБОКОГО ОЧИЩЕННЯ МІСЬКИХ СТІЧНИХ ВОД ВІД СПОЛУК НІТРОГЕНУ ТА ФОСФОРУ (ЛАБОРАТОРНИЙ ЕКСПЕРИМЕНТ)**

1. Поділ експериментів за організацією їхнього проведення.
2. Основна мета експерименту.
3. Основні етапи, які містить експеримент.
4. Які терміни обробки стічних вод відпрацьовували?
5. Які режими очищення стічних вод відпрацьовували?
6. Технологічні параметри обробки стічних вод.
7. Які показники контролювали в вхідній неосвітленій, вхідній відстояній та в очищеній стічній воді?
8. Ефективність очищення стічних вод від біогенних сполук.

Проведення розрахунків ефективності процесів, їхніх кінетичних та питомих показників за даними таблиць А.1, А.2 (дод. А).

#### **Тема 5 ЕМПІРИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ – ПРОМИСЛОВИЙ ЕКСПЕРИМЕНТ – ДЛЯ РОЗРОБКИ БІОТЕХНОЛОГІЙ ГЛИБОКОГО ОЧИЩЕННЯ МІСЬКИХ СТІЧНИХ ВОД ВІД НІТРОГЕНУ ТА ФОСФОРУ**

1. Основна мета експерименту.

2. Схеми обробки стічних вод, які використали в експерименті.
3. Які терміни обробки стічних вод відпрацьовували?
4. Які режими очищення стічних вод відпрацьовували?
5. Технологічні параметри обробки стічних вод.
6. Які показники контролювали в вхідній та в очищеній стічній воді?
7. Ефективність очищення стічних вод від біогенних сполук.

Проведення розрахунків ефективності процесів, їхніх кінетичних та питомих показників за даними таблиці Б.1 (дод. Б).

## **Теми 6, 7 ІННОВАЦІЙНА ДІЯЛЬНІСТЬ У СФЕРІ ТЕХНОЛОГІЙ ЗАХИСТУ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА ВІД ЗАБРУДНЕННЯ ПИЛОГАЗОПОДІБНИМИ ВИКИДАМИ, СТІЧНИМИ ВОДАМИ ТА ОРГАНІЧНИМИ ВІДХОДАМИ**

1. Ринок інновацій.
2. Як поділяють ринкові суб'єкти за часом залучення до інноваційного процесу та підходом до вибору інновацій?
3. Дослідження видів твердих частинок із розміром до 10 мкм ( $PM_{10}$ ) і до 2,5 мкм ( $PM_{2,5}$ ).
4. Напрямки підвищення ефективності вилучення частинок з розміром до 10 мкм ( $PM_{10}$ ) і до 2,5 мкм ( $PM_{2,5}$ ) з викидів.
5. Основні типи промислових адсорбентів.
6. Сучасні каталітичні методи для очищення відпрацьованих газів (переваги, недоліки).
7. Біохімічний метод очищення повітря від шкідливих газів.
8. Сучасні фізико-хімічні методи локального очищення виробничих стічних вод.
9. Біологічне очищення промислових і міських стічних вод.

10. Технології збільшення концентрації активного мулу в об'ємі аеробного біореактора.
11. Основні переваги іммобілізованих біокаталізаторів перед незакріпленими, розчинними або вільноплаваючими.
12. Формування біоплівки на нерозчинних у воді носіях, її біохімічна активність і фізіологія.
13. Відомі конструкції нітрифікаторів-біосорберів з нерухомою, псевдозрідженою насадкою і затоплені біофільтри.
14. Мембранний біореактор (МБР).
15. Гранульований активний мул.
16. Конструктивно-технологічні та мікробіологічні методи інтенсифікації процесів метанового зброджування.
17. Вплив на процес метанового зброджування температурного режиму.
18. Коферментація.
19. Термічна попередня обробка органічних відходів.
20. Вплив  $\text{CaO}_2$  у поєднанні з мікрохвильовим опроміненням на зброджування активного мулу.

## СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Процеси та апарати природоохоронних технологій : підручник : у 2 т. – / Л. Д. Пляцук, Р. А. Васькін, В. П. Шапорев та ін. — Суми: Сумський державний університет, 2017. — 2 т.
2. Природоохоронні технології. Ч. 1. Захист атмосфери : навч. посіб. / В. Г. Петрук, Л. І. Северин, І. В. Васильківський, І. І. Безвозюк. – Вінниця : ВНТУ, 2014. – 388 с.
3. Природоохоронні технології. Ч. 2. Методи очищення стічних вод : навч. посіб. / В. Г. Петрук, Л. І. Северин, І. В. Васильківський, І. І. Безвозюк. – Вінниця : ВНТУ, 2014. – 258 с.
4. Добровольська О. Г. Технологія переробки та утилізації осадів : навч.-метод. посіб. / О. Г. Добровольська. – Запоріжжя : ЗНУ, 2021. – 22 с.
5. Зацеркляний М. М. Процеси захисту навколишнього середовища : підручник / М. М. Зацеркляний, Т. Б. Сталевич. – Одеса : Фенікс, 2017. – 454 с.
6. Екологічна біотехнологія / О. В. Швед, О. Б. Миколів, О. З. Комаровська-Порохнявець, В. П. Новіков. – Львів : Львівська політехніка, 2010. – 792 с.
7. Каспійцева В. Ю. Оцінка і прогноз якості атмосферного повітря на регіональному рівні : монографія / В. Ю. Каспійцева, С. З. Поліщук, І. О. Колесник. – Дніпро : Акцент, 2020. – 193 с.



## ДОДАТОК А

### Вихідні дані для самостійної роботи

Таблиця А.1 – Показники впливу попереднього відстоювання стічної води на ефективність видалення сполук біогенних елементів (час циклу 24 год)

Показник	Установа 1 (без первинного відстоювання)			Установа 2 (з первинним відстоюванням)		
	вхід	вихід	ефект, %	вхід	вихід	ефект, %
ХСК, мгО/дм <sup>3</sup>	199,7	58,0		178,5	74,7	
ЗР, мг/дм <sup>3</sup>	93,2	19,1		60,4	22,5	
БСК <sub>5</sub> , мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	70,1	7,4		67,8	8,0	
Нітроген аммонійний, мг/дм <sup>3</sup>	21,77	0,73		18,50	1,26	
Нітроген нітритів, мг/дм <sup>3</sup>	0,12	0,0		0,12	0,0	
Нітроген нітратів, мг/дм <sup>3</sup>	0,27	7,6		0,3	12,3	
Нітроген К'ельдаля, мг/дм <sup>3</sup>	40,23	8,29		34,27	8,00	
Фосфор фосфатів, мг/дм <sup>3</sup>	5,1	3,2		5,5	3,15	
Загальний фосфор, мг/дм <sup>3</sup>	6,07	4,7		4,97	4,53	
Суша вага мулу в системі 0,6 г/дм <sup>3</sup> .						

Таблиця А.2 – Усереднені показники якості стічних вод із установок (час циклу 12 год)

Показник	Установа 1 (без первинного відстоювання)			Установа 2 (з первинним відстоюванням)		
	вхід	вихід	ефект, %	вхід	вихід	ефект, %
ХСК, мгО/дм <sup>3</sup>	177	41,33		140,5	59,33	
ЗР, мг/дм <sup>3</sup>	77,07	9,73		33,2	8,67	
БСК <sub>5</sub> , мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	73,7	5,77		58,8	5,63	
Нітроген аммонійний, мг/дм <sup>3</sup>	18,49	0,31		15,14	0,54	
Нітроген нітритів, мг/дм <sup>3</sup>	0,1	0,01		0,04	0,01	
Нітроген нітратів, мг/дм <sup>3</sup>	0,29	7,41		0,18	8,6	
Нітроген К'ельдаля, мг/дм <sup>3</sup>	44,9	8,4		32,9	8,6	
Фосфор фосфатів, мг/дм <sup>3</sup>	4,42	1,62		4,21	1,88	
Загальний фосфор, мг/дм <sup>3</sup>	5,48	3,04		5,15	3,03	
Суша вага мулу в системі 0,9 г/дм <sup>3</sup>						

## ДОДАТОК Б

### Вихідні дані для самостійної роботи

Таблиця Б.1 – Показники очистки стічних вод при апробації варіантів реконструкції

Показник	Конфігурація: 1 ПО + 1 АТ + 2 ВО* (3 місяці)		Конфігурація: 1 БП + 1 АТ + 2 ВО* (3 місяці)		Конфігурація: 1 БП + 2 АТ + 2ВО* (2 місяці)		Конфігурація: 2 БП + 2 АТ + 3ВО* (рік)	
	Вхід	Вихід	Вхід	Вихід	Вхід	Вихід	Вхід	Вихід
ХСК, мг/дм <sup>3</sup>	<u>173**</u> 167-186	<u>46**</u> 37-56	<u>230**</u> 199-262	<u>22**</u> 16-28	<u>233**</u> 180-252	<u>49**</u> 35-52	<u>177**</u> 84-250	<u>35**</u> 20-63
БСК <sub>5</sub> , мг/дм <sup>3</sup>	<u>112**</u> 87-151	<u>5,3**</u> 3,3-7,1	<u>207**</u> 176-238	<u>5**</u> 3-7	<u>109**</u> 89-161	<u>2,5**</u> 2,3-6,2	<u>120**</u> 58-151	<u>4,9**</u> 3,3-7,1
ЗР, мг/дм <sup>3</sup>	<u>106**</u> 87-134	<u>5,2**</u> 3,8-6,3	<u>162**</u> 139-184	<u>2,2**</u> 1,6-2,8	<u>108**</u> 82-147	<u>6,3**</u> 4,5-7,2	<u>80**</u> 39-132	<u>3,7**</u> 1,8-5,0
N-NH <sub>4</sub> , мг/дм <sup>3</sup>	<u>18,1**</u> 10,2-23,7	<u>0,2**</u> 0,1-0,3	<u>12,5**</u> 11,1-13,9	<u>0,3**</u> 0,2-0,4	<u>17,8**</u> 10,4-23,2	<u>0,3**</u> 0,1-0,39	<u>16**</u> 11,2-25,8	<u>0,2**</u> 0,1-0,3
N-NO <sub>2</sub> , мг/дм <sup>3</sup>	–	<u>0,02**</u> 0,003-0,03	–	<u>0,04**</u> 0,03-0,05	–	<u>0,08**</u> 0,03-0,092	–	<u>0,02**</u> 0,008-0,08
N-NO <sub>3</sub> , мг/дм <sup>3</sup>	–	<u>16,1</u> 13,7-20,2	–	<u>2,5**</u> 2,1-2,9	–	<u>9,3**</u> 6,4-9,8	–	<u>5,2**</u> 1,0-8,6
P-PO <sub>4</sub> , мг/дм <sup>3</sup>	<u>1,6**</u> 1,2-2,0	<u>1,5**</u> 1,4-1,6	<u>1,3**</u> 1,1-1,5	<u>0,3**</u> 0,1-0,5	<u>1,6**</u> 1,15-2,2	<u>2,2**</u> 0,2-2,4	<u>1,6**</u> 1,1-1,9	<u>0,8**</u> 0,1-1,9

\* ПО – первинний відстійник; АТ – аеротенк; ВО – вторинний відстійник; БП – басейн перемішування

\*\* у чисельнику – середнє значення; у знаменнику – межі коливань.

*Електронне навчальне видання*

Методичні рекомендації

до проведення практичних занять та організації самостійної роботи

з навчальної дисципліни

**«ДОСЛІДНИЦЬКО-ІННОВАЦІЙНА ДІЯЛЬНІСТЬ  
У СФЕРІ ТЕХНОЛОГІЙ ЗАХИСТУ НАВКОЛИШНЬОГО  
СЕРЕДОВИЩА»**

*(для здобувачів третього (освітньо-наукового)  
рівня вищої освіти денної та заочної форм навчання  
зі спеціальності 183 – Технології захисту  
навколишнього середовища)*

Укладачі: **ЮРЧЕНКО** Валентина Олександрівна,

**МЕЛЬНІКОВА** Оксана Григорівна

Відповідальний за випуск *Т. В. Дмитренко*

Редактор *О. В. Михаленко*

Комп'ютерне верстання *О. Г. Мельнікова*

План 2024, поз. 89М

---

Підп. до друку 09.09.2024. Формат 60 × 84/16.

Ум. друк. арк. 1,6.

Видавець і виготовлювач:

Харківський національний університет  
міського господарства імені О. М. Бекетова,  
вул. Черноглазівська (Маршала Бажанова), 17, Харків, 61002.

Електронна адреса: office@kname.edu.ua

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:

ДК № 5328 від 11.04.2017.