

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
КРЕМЕНЧУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ МИХАЙЛА ОСТРОГРАДСЬКОГО



МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ  
ЩОДО ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ  
З НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ  
**«БІОТЕХНОЛОГІЯ ОЧИЩЕННЯ ВОДИ»**  
ДЛЯ СТУДЕНТІВ ДЕННОЇ ФОРМИ НАВЧАННЯ  
ЗА НАПРЯМОМ 6.051401 – «БІОТЕХНОЛОГІЯ»

КРЕМЕНЧУК 2017

Методичні вказівки щодо виконання лабораторних робіт з навчальної дисципліни «Біотехнологія очищення води» для студентів денної форми навчання за напрямом 6.051401 – «Біотехнологія»

Укладачі: к. т. н., старш. викл. О. А. Сакун;  
к. т. н., доц. А. В. Пасенко

Рецензент д. б. н., проф. В. В. Никифоров

Кафедра біотехнологій та біоінженерії

Затверджено методичною радою Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського

Протокол №\_\_ від\_\_\_\_\_ 2017.

Голова методичної ради

проф. В. В. Костін

## ЗМІСТ

|  |    |
|--|----|
| Вступ.....   | 4  |
| 1 Перелік лабораторних робіт.....  | 7  |
| Лабораторна робота № 1 Відбір проб активного мулу .....                                | 7  |
| Лабораторні роботи № 2, 3 Визначення дози активного мулу, індексу мулу.....            | 12 |
| Лабораторна робота № 4 Очистка стічних вод від нафтопродуктів та зважених речовин..... | 16 |
| Лабораторна робота № 5 Гідробіологічний аналіз активного мулу .....                    | 19 |
| 2 Критерії оцінювання знань студентів.....   | 23 |
| Список літератури.....   | 25 |

## ВСТУП

Навчальна дисципліна «Біотехнологія очищення води» є однією з важливих в системі освітньої підготовки фахівців-біотехнологів, оскільки значна кількість природоохоронних технологій з очищення стічних та природних вод, ліквідації забруднень у водних об'єктах навколишнього середовища базуються на життєдіяльності живих організмів.

**Метою** дисципліни є ознайомлення студентів з основними біологічними технологіями у галузі водовідведення, біоагентами, біопроцесами й обладнанням, що використовують для вирішення екологічних проблем водозабезпечення населення та виробництв різних галузей, для відновлення екологічної рівноваги у водних об'єктах навколишнього середовища внаслідок ліквідації забруднень.

### **Завдання курсу:**

- отримання знань щодо основних видів існуючих біотехнологій очищення води;
- ознайомлення з технологічними процесами й обладнанням біотехнологій очищення води;
- ознайомлення з біологічними агентами біотехнологій очищення води;
- ознайомлення студентів з принципами і технічними рішеннями біологічних технологій, які застосовуються у системі захисту водних ресурсів від антропогенного навантаження, попередження і ліквідації забруднень водних об'єктів;
- формування у студентів теоретичної бази професійної підготовки щодо вільного орієнтування у вирішенні практичних задач з біоочищення природних водойм, застосування біологічних технологій у галузі водопостачання і водовідведення населених пунктів, промислових об'єктів;
- формування у студентів наукового практичного світогляду, аналітичного мислення, які сприятимуть вирішенню глобальних проблем сьогодення: екологічних, охорони здоров'я людини шляхом впровадження новітніх біотехнологічних процесів.

## **Перелік знань і умінь студентів**

**Студент повинен знати:** теоретичні основи біотехнологій очищення води; основні принципи, способи та засоби біологічного очищення стічних і природних вод; особливості складу та вимоги до субстрату для біодеструкції в технології очищення води; складові біоценозу як біоагенту біотехнології очищення води; елементи біоінженерії, що застосовують для інтенсифікації біоочищення води й підвищення активності біоагенту; складові технологічних схем біотехнологій очищення води; споруди, апарати та допоміжне обладнання біотехнологій очищення води; основні положення та вимоги нормативно-законодавчої бази при проектуванні, експлуатації систем водопостачання і водовідведення, поліпшення якості природних вод; способи біотехнологічної переробки відходів і побічних продуктів галузі водопостачання та водовідведення.

**Студент повинен уміти:** моделювати біотехнологічні процеси очищення води; визначати оптимальні умови ведення біотехнологічних процесів в галузі водопостачання та водовідведення, очищення природних вод; проводити розрахунок згідно з вихідними даними необхідного ступеня очищення води, основних технологічних параметрів процесу біоочищення води, матеріальний баланс технології; розробляти й компонувати технологічну схему біологічного очищення вод; визначати склад, властивості та проводити за необхідності попередню обробку субстрату для ефективної біодеструкції забруднень; проводити аналіз і прогнозувати роботу споруд біологічного очищення стічних вод за біологічними показниками; організовувати технологічний процес біотехнології очищення води відповідно до регламенту і використовувати технічні засоби для вимірювання основних параметрів біоочищення, складу та властивостей очищеної води; вивчати й підбирати компонентний склад біоагенту біотехнології очищення води, впроваджувати заходи щодо підвищення його біохімічної активності; проводити розрахунок основних споруд, апаратів та допоміжного обладнання технології біоочищення води; розробляти схеми впровадження біотехнологій очищення води для вирішення екологічних задач.

**Міждисциплінарні зв'язки:** Базується на знаннях, які отримані студентами при вивченні біології клітини, загальної та неорганічної хімії, органічної хімії, аналітичної хімії, фізичної та колоїдної хімії, фізики, генетики, загальної мікробіології і вірусології, біохімії, загальної токсикології, загальної біотехнології, біоінженерії, основ екологічної біотехнології, процесів і апаратів біотехнологічних виробництв. Дисципліна «Біотехнологія очищення води» є важливою базовою теоретичною складовою освітньої програми й забезпечує вивчення фахових дисциплін та практичної підготовки фахівця з галузі знань 0514 «Біотехнологія».

**Основними формами роботи** є лекції, лабораторні та практичні роботи, самостійна робота, індивідуальна робота з викладачем.

Звіт до лабораторної роботи повинен включати в себе такі елементи:

- тема, мета роботи;
- обладнання та реактиви;
- початкові елементи, якими має володіти студент;
- техніка безпеки;
- короткі та лаконічні відповіді на контрольні питання;
- відповіді на поставлені завдання у ході роботи.

**Формами контролю** за процесом і результатами засвоєння матеріалу під час вивчення дисципліни є поточний модульний контроль успішності, екзамен. Модульний контроль проводиться у формі тестування або контрольної роботи.

# 1 ПЕРЕЛІК ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ

## Лабораторна робота № 1

**Тема.** Відбір проб активного мулу

**Мета:** навчитися проводити відбір проб активного мулу.

**Обладнання та реактиви:** лабораторний посуд, хімреактиви.

**Навчальні елементи:** пробовідбірники, гідрохімічний аналіз, активний мул, зберігання проб, масова концентрація активного мулу, разові проби, гідробіологічний аналіз.

**Техніка безпеки:** робота з електроприладами, робота з посудом та інструментами, робота з хімреактивами.

### Короткі теоретичні відомості

Попередня підготовка до відбору проб повинна передбачати забезпечення повної безпеки робіт, розробку програми відбору проб, підготовку посуду, пробовідбірників, місць зберігання відібраних проб, а також підготовку робочого місця для обробки доставлених у лабораторію проб.

Підготовка пробовідбірників, посуду. Пробовідбірники, які використовуються для відбору проб активного мулу, сирого осаду повинні забезпечувати незмінність складу відібраної проби, тобто не вносити в пробу елементів корозії, не адсорбувати (адсорбція – відносне збільшення вмісту молекул або атомів на поверхні твердого тіла порівняно з їх вмістом у навколишньому водному середовищі) і не абсорбувати (абсорбція – поглинання речовини з води об'ємом іншої речовини, наприклад, пластівцями мулу) на стінках забруднюючі речовини. Пробовідбірники повинні забезпечувати можливість відбору з певної глибини.

Перш за все, необхідно виключити використання в лабораторіях пробовідбірників, виготовлених з неінертних, окислювальних матеріалів. Переважно використовувати пробовідбірники, виготовлені з скла і нержавіючої сталі, можна використовувати пробовідбірники з емальованих металів, але слід стежити за їх цілісністю, порушення цілісності емальованої поверхні є підставою

негайного припинення використання таких пробовідбірників. При відборі проб вручну місткість ємності повинна бути не менше 500 см<sup>3</sup>, обсяг не повинен перевищувати 3 дм<sup>3</sup>, оптимальний – 1 - 2 дм<sup>3</sup>. Якщо відібрані вручну проби використовуються для підготовки складових проб (наприклад, сирого осаду), місткість застосовуваних ємностей повинна бути чітко встановлена відмітками обсягу, що дозволить відбирати складові проби з точністю  $\pm 5 \%$ .

Для забезпечення можливості відбору з певної глибини і отримання проби, необхідні закриті пробовідбірники, які відкриваються лише в момент взяття проби мулу, води. Кращим пробовідбірником для відбору проби на певній глибині, є пробовідбірник, що використовується для відбору проб на аналіз БПК. Це склянка місткістю від одного до двох літрів, яка закріплюється на жердині в металеву оправу з утяжеленим дном; на жердині яскравою, незмивною фарбою відзначається глибина занурення. Горло склянки кріпиться зажимом до жердини. Кришка прив'язана мотузкою, що забезпечує можливість після занурення жердини на необхідну глибину, смикнути за мотузку, відкрити кришку на певній глибині і наповнити склянку водою.

Посуд, що використовується для відбору, зберігання проб і гідрохімічного аналізу активного мулу повинна відповідати вимогам. Посуд, що використовується для відбору та зберігання проб повинен володіти високою механічною міцністю, стійкістю до впливу хімічних речовин, високих температур і заморожування, мати зручну форму, невелику вагу. Посуд повинен легко митися, не деформуватися при гарячій сушці. Пробки, використовувані для закупорювання проб повинні забезпечувати герметичність проб.

Для відбору, транспортування та зберігання в лабораторії проб активного мулу, сирого осаду стічних вод використовуються зазвичай широкогорлі пляшки або банки (діаметр горла не менше 55 мм) з темного боросилікатного скла, поліпропілену, політетрафторетилену або посуд з нержавіючої сталі.

Звичайне скло руйнується водою, при зберіганні проб у воду переходять катіони цинку, кальцію, магнію, калію, натрію і аніони хлору, сірки та ін. Посуд з поліетилену, навіть хімічно стійкий, добре адсорбує нафтопродукти, жири, масла,



детергенти, пестициди, азотну, соляну та інші кислоти. З цієї причини перевага віддається скляному посуду, однак, оскільки продукти вилуговування скла можуть забруднювати пробу при зберіганні, слід використовувати старі скляні склянки (досить вилужені) для відбору та зберігання проб.

Посуд для відбору та зберігання проб повинен бути пронумерований незмивною фарбою або олівцем по склу в процесі попередньої підготовки до відбору проб.

Миття пробовідбірників, посуду. Посуд, призначений для відбору, зберігання проб і аналізу, ретельно миють синтетичним миючим засобом, промивають водою, обробляють хромовою сумішшю, промивають водопровідною водою, потім 3-4 рази дистильованою водою. Дистильовану воду використовують для видалення солей або часто присутніх забруднюючих речовин, що містяться у водопровідній воді. Поверхня скла повинна бути абсолютно чистою. Крапля води, нанесена на скло, повинна рівномірно розтікатися по ньому, не збираючись в дрібні крапельки, що є ознакою того, що скло добре обезжирено.

Особливу увагу слід приділити процедурі миття пробовідбірників. Для відбору проб використовується кілька пробовідбірників (кількість відповідає точкам відбору проб). Після відбору проб пробовідбірники попередньо очищують розчином кальцинованої соди, ретельно миють синтетичним миючим засобом, промивають водою, обробляють хромовою сумішшю, промивають водопровідною водою, потім 3-4 рази дистильованою водою.

При використанні хромової суміші слід дотримуватись певних правил. Хромовокислі солі в кислому розчині є сильними окислювачами. Для приготування хромової суміші в концентровану сірчану кислоту додають 5 % подрібненого в порошок кристалічного двухромовокислого калію і обережно нагрівають у фарфоровій чашці на водяній бані до його розчинення. Для приготування хромової суміші можна застосовувати також двухромовокислий натрій, який розчиняють у воді, а потім у розчин обережно додають сірчану

кислоту. Суміш готують із розрахунку: вода – 100 см<sup>3</sup>; двухромовоокислий натрій – 6 г; сірчана кислота – 100 см<sup>3</sup>

Потрібно уникати попадання у хромову суміш спиртів – етилового або метилового. У результаті цього розчин набуває зеленого забарвлення і робиться непридатним для подальшого застосування. Якщо посуд забруднений солями барію, мити його хромовою сумішшю, що містить сірчану кислоту, не можна, так як сірчаноокислий барій утворює на стінках посуду осад.

Хромовою суміш дуже сильно діє на шкіру та одяг, тому поводитися з нею треба обережно. Якщо хромовою суміш потрапляє на руки або одяг, їх слід, насамперед, обмити великою кількістю води, потім розчином соди чи аміаку.

Відбір проб активного мулу поділяється на плановий і позаплановий. Плановий відбір проб (наприклад, при виробничому контролі очисних споруд) здійснюється з періодичністю, установленою в графіки аналітичного контролю, який складається виробничою лабораторією або екологічною службою підприємства, затверджується відповідальною особою підприємства, узгоджується контролюючими організаціями.

Позаплановий контроль активного мулу здійснюється: при проведенні оцінок виконання зауважень попереднього акта перевірки, при аварійних скидах забруднюючих речовин у навколишнє середовище або систему каналізації; при порушенні властивостей активного мулу. Позаплановий контроль також призначається в період, коли робота споруд дестабілізується якими-небудь надзвичайними обставинами (надходження на очистку токсичних стічних вод, порушення технологічного режиму, реконструкція очисних споруд тощо), або потрібно більш регулярне та ретельне спостереження за всіма основними характеристиками активного мулу.

Проби активного мулу на визначення масової концентрації активного мулу, дози мулу за об'ємом і мулового індексу, а також прозорості води відбираються щодня разові («точкові»), шляхом одноразового відбору необхідної кількості мулової суміші. Один раз в декаду на вищеперелічені показники відбирають складові проби: через кожну годину відбирають всього чотири проби (так, щоб

загальний час відбору складовою проби не перевищувало чотирьох годин, при зберіганні окремих проб в холодильнику), змішують, доводять температуру до 18 °С і визначають гідрохімічні показники активного мулу. Зольність активного мулу, сирого осаду визначається один раз в декаду. Проби активного мулу, сирого осаду на визначення зольності відбираються складові (середні, збірні). Складові проби складається з декількох разових проб активного мулу, осаду. Відбір проб зворотного мулу на визначення зольності здійснюється в декадний аналіз із середньоденної проби, складеної з разових, відібраних щогодини за період 6 - 7 годин. Поворотний мул відбирають з-під «гусака» або в зоні подачі мулу з вторинних відстійників в регенератори або аеротенки. Якщо труба подачі зворотного мулу заглиблена, проби відбирають батометром-пляшкою на глибині подачі мулу, в зоні максимального перемішування. Об'єм разової проби становить 0,02 - 0,03 дм<sup>3</sup>, загальний об'єм об'єднаної проби 2 дм<sup>3</sup>. Точність вимірювання об'єму проби повинна бути не менше 5 % (ISO 5667-10 «Якість води. Відбір проб. Настави щодо відбирання проб стічних вод»).

При відсутності регенераторів зольність мулу визначається в збірному каналі аеротенків або в кінці останнього коридору аеротенків.

В аеротенках-змішувачах проби відбираються в збірних каналах або безпосередньо в аеротенках, в зоні, найбільш віддаленої від місця надходження стічних вод.

При необхідності більш докладного обстеження аналізується кожен вузол біологічної частини споруд. У цих випадках проби відбираються в кожному коридорі аеротенка 0,5 - 1,5 м від кінця коридору з протилежного боку від зони подачі повітря; в регенераторі в зоні регенерації, тобто на відстані 0,5 - 1,5 м від кінця регенератора; з протилежного боку від встановленої системи аерації (при наявності умов для відбору).

При виборі місця відбору проб слід враховувати наступні обставини:

– у потоці вод повинна бути забезпечена гомогенність (однорідність), тому слід відбирати в місцях інтенсивного перемішування;

– необхідно відбирати пробу в середині потоку, де частинки переносяться з найбільшою швидкістю, тому забезпечується найменша осаждення частинок активного мулу;

– слід уникати загачених місць або зон застою, де частинки мулу схильні до осаждення;

– слід уникати місць з плаваючими покидьками (на них концентруються активний мул, зважені речовини, колоїдні органічні речовини); з плаваючими жирами, плямами нафти;

– при відборі проб з труби, слід уникати відбору активного мулу з дна труби, відбір проб в трубі здійснюється тільки в середині потоку.

При відборі проб активного мулу на гідробіологічний аналіз банки не заповнюються під кришку, а при відборі на гідрохімічний аналіз банки заповнюються повністю, під кришку.

### **Хід роботи**

Завдання 1. Підготувати посуд до роботи.

Завдання 2. Провести відбір проб

### **Контрольні питання**

1. Як здійснюється підготовка посуду та допоміжних матеріалів?
2. Яким чином заповнюються банки при відборі мулу на гідрохімічний аналіз?

**Література:** [1, с. 183–196; 6, с. 160–190; 17, с. 520–580; 20].

### **Лабораторні роботи № 2, 3**

**Тема. Визначення дози активного мулу, індексу мулу**

**Мета:** визначити дозу і муловий індекс у пробі мулової суміші, а також зольність активного мулу; охарактеризувати представлений для аналізу активний мул за його здатності до переробки органічних забруднень.

**Обладнання та реактиви:** воронка Бюхнера (з діаметром 55 мм) з колбою Бунзена; водострумний насос; мірні циліндри, V = 50, 100 мл; беззольний фільтр (червона стрічка); сушильна шафа; аналітичні ваги; ексикатор, годинник.

**Навчальні елементи:** активний мул, окислювальна здатність аераційної системи, беззольна речовина активного мулу, муловий індекс, доза активного мулу.

**Техніка безпеки:** робота з хімічним посудом, робота з електроприладами.

### **Короткі теоретичні відомості**

Активний мул – метод біологічного очищення стічних вод, в основі якого лежить біотичний колообіг речовин, що включає процеси утилізації, трансформації та мінералізації органічних речовин за допомогою реалізації процесу аеробної ферментації органічних стоків специфічним комплексом мікроорганізмів з бактерій, грибів, водоростей, найпростіших, коловертків, нематод, кліщів та ін.

Вид біологічного очищення методом активного мулу є екологічно чистим та економічно найбільш раціональним заходом. Більше 90% стічних вод очищається саме цим методом. Біологічна очистка стічних вод, яка застосовується на очисних спорудах каналізації, складає блок біологічної очистки з аеротенків і вторинних відстійників і застосовується після механічної очистки стічних вод в блоках механічної очистки.

Біотехнологія очищення стічних вод активним мулом була запропонована і реалізована в Англії у 1914 р. і відтоді принципово не змінилася. Біологічне очищення стічних вод здійснюється за рахунок спроможності мікроорганізмів використати для свого живлення органічні речовини необхідні для їхньої життєдіяльності – азот, фосфор, калій з різноманітних сполучень, що містяться в стічних водах. У процесі живлення мікроорганізми одержують матеріал для побудови свого тіла, внаслідок чого відбувається приріст маси активного мулу.

Окислювальна здатність аераційної системи (аеротенк і регенератор) тим вище, чим більше концентрація мулу (доза мулу) у муловій суміші. В аеротенках різних систем і конструкцій діапазон зміни доз мулу досить великий – 1-20 г/л.

Слід зазначити, що не вся маса активного мулу бере участь у біологічному очищенні стоків, а тільки його органічна частина, так звана беззольна речовина активного мулу. У цю частину входить біомаса аеробних мікроорганізмів – бактерій і найпростіших. Таким чином, у процесі біоочищення фактично бере участь дещо менша кількість мулу, а саме:

$$a_i(1 - Z_{\text{мул}}), \quad (2.1)$$

де  $a_i$  – доза мулу по сухій речовині;

$Z_{\text{мул}}$  – зольність активного мулу в частках від одиниці.

Зазвичай в активному мулі присутній 25-35 % (по вазі) мінеральних речовин (зольність мулу), у тому числі і мінеральна частина клітинної речовини живих мікроорганізмів (5-7 %).

Показником якості активного мулу є його здатність до осідання. Ця здатність оцінюється значенням мулового індексу. Муловий індекс – це обсяг активного мулу в мілілітрах після тридцятихвилинного відстоювання, відноситься до 1 г сухої речовини мулу.

Від значення мулового індексу та концентрації мулової суміші аеротенків залежить ефективність роботи вторинних відстійників, для задовільної роботи яких при очищенні міських стічних вод доза мулу в аеротенку не повинна перевищувати 2-3 г/л у перерахунку на суху речовину. Як правило, при нормальній експлуатації аеротенків муловий індекс не перевищує 100 мг/р. Перевищення дози мулу в аеротенках призводить до надмірного накопичення в муловій зоні вторинних відстійників активного мулу, його загнивання, підвищеного винесення мулу, обезкисненню очищеної води і, отже, погіршенню роботи споруд біологічного очищення. Глибоко мінералізований мул може мати індекс 60-90 мг/р. У несприятливих умовах, при різких перевантаженнях або недовантаженнях мулу за органічними забрудненнями, різкій зміні температури, складу стоків мул може «спухати». Такий мул має індекс більше 120 мг/г, він погано осідає і відділяється від очищених стоків у вторинних відстійниках, при цьому знижується загальний ефект очищення і зменшується доза мулу в аеротенку. Головна вимога до мулового індексу – його стабільність.

### **Хід роботи**

Завдання 1. Визначити дозу активного мулу.

1. Активний мул з аеротенку добре перемішують і відбирають порцію мулової суміші точно 25 або 50 мл у мірний циліндр з таким розрахунком, щоб кількість сухої речовини в пробі не перевищувала 0,3–0,4 г.

2. З'єднують колбу Бунзена з водоструйним насосом (рис. 2.1) вкладають у воронку Бюхнера фільтр, попередньо висушений, зважений на аналітичних вагах і позначений олівцем.

3. Беззольний фільтр кладуть так, щоб він щільно прилягав до стінок воронки, був написом вниз, і змочують його дистильованою водою.

4. Відміряну кількість мулової суміші з циліндра пропускають через фільтр, розподіляючи його рівномірно по поверхні фільтра. Мул, який пристав до стінок циліндра, змивають на фільтр невеликими порціями дистильованої води, доливаючи її після того, як вся рідина пройде через фільтр, щоб уникнути взмучування мулу.

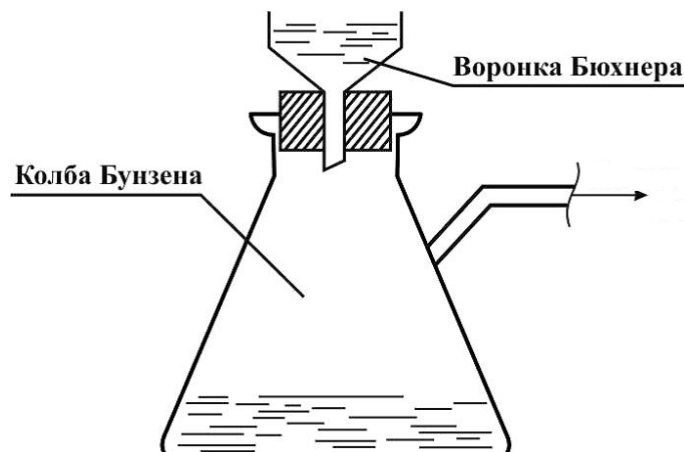


Рис 2.1 – Прилад для фільтрування

5. Після того, як рідина на фільтрі добре відфільтрована, фільтр з мулом переносять на аркуш фільтрувального паперу і поміщають у невиключену (холодну) сушильну шафу, так як мул являє собою слизоподібну масу, яка запікається при різкому нагріванні, і результат може бути завищеним.

6. Потім шафу вмикають у мережу, помічають час, коли температура підніметься до 105-120 °С, після чого сушать 30-60 хвилин до постійної ваги.

7. Висушений фільтр з мулом охолоджують в ексикаторі і зважують на аналітичних вагах.

8. Дозу, або концентрацію активного мулу, по вазі  $a_i$ , г/л, визначають за формулою:

$$a_i = \frac{1000(b-c)}{V}, \quad (2.2)$$

де  $b$  – вага фільтра з мулом, м;

$c$  – вага чистого фільтра, г;

$V$  – обсяг профільтрованої мулової суміші, мл;

1000 – перерахунок на 1 л.

Результат обчислень розраховують до цілих.

Завдання 2. Визначити муловий індекс.

1. Пробу мулової суміші в аеротенку ретельно збовтують, наливають у мірний циліндр на 100 мл мулової суміші і роблять відлік часу.

2. Після закінчення 30 хвилин зазначають обсяг, займаний мулом, мл.

3. Муловий індекс дорівнює обсягу в мл, займаному одним грамом сухої речовини активного мулу через 30 хвилин.

4. Муловий індекс  $J_{\text{мул}}$ , см<sup>3</sup>/г (мл/г), визначається за формулою:

$$J_{\text{мул}} = V / q, \quad (2.3)$$

де  $V$  – об'єм мулу після 30 хвилинного відстоювання, мл;

$q$  – суху речовину активного мулу, г;

Результат обчислень округлюється до цілих.

### Контрольні питання

1. Поняття «активний мул».
2. Яка головна вимога до мулового індексу?
3. Алгоритм визначення мулового індексу.
4. Як визначити концентрацію активного мулу?

**Література:** [1, с. 208–310; 7, с. 205–240; 9, с. 160–190; 10, с. 400–470; 16, с. 300–360; 19].

### Лабораторна робота № 4

**Тема.** Очистка стічних вод від нафтопродуктів та зважених речовин

**Мета:** Ознайомитися з існуючими методами очищення стічних вод від зважених речовин, визначення оптимальних доз коагулянтів (пробна коагуляція).



**Обладнання та реактиви:** фотоелектроколориметр КФК-2МП; 2 кювети; мірний циліндр місткістю 50 мл (1 шт.); пробірки місткістю 50 мл (5 шт.); градуровані піпетки місткістю 1 мл і 2 мл (по 1 шт.); набір пробок; 2 % розчин сульфату алюмінію або хлориду заліза (III).

**Навчальні елементи:** санітарно-мікробіологічний контроль, колі-індекс, колі-титр, мікробне число, загальна кількість бактерій, посів мікроорганізмів, бактерії групи кишкової палички.

**Техніка безпеки:** робота з електроприладами.

### **Короткі теоретичні відомості**

Зважені домішки, що містяться в стічних водах, поділяються на тверді і рідкі, і утворюють з водою дисперсну систему. Залежно від розміру частин дисперсні системи ділять на три групи:

- 1) грубодисперсні системи з частками розміром більше 0,1 мкм (суспензії і емульсії);
- 2) колоїдні системи з частинками розміром до 0,1 мкм (1 нм);
- 3) істинні розчини, що містять частинки, розміри яких відповідають розмірам окремих молекул або іонів.

Для видалення зважених часток із стічних вод використовують гидромеханічні процеси (періодичні чи безперервні) проціджування, відстоювання (гравітаційне і відцентрове), фільтрування. Вибір методу залежить від розміру частинок, їх фізико-хімічних властивостей і концентрації, витрати стічних вод і необхідного ступеня очищення.

Обробка коагулянтами водних дисперсних систем знайшла широке розповсюдження в практиці очищення стічних вод хімічних, нафтохімічних, целюлозно-паперових виробництв, підприємств силікатної промисловості, підприємств з виробництва синтетичних смол і пластмас, переробки продукції сільського господарства і багатьох інших.

Для регулювання стійкості дисперсних систем останнім часом все ширше застосовуються різні водорозчинні полімери, досить малі добавки яких можуть радикально змінити стабільність дисперсій. Вони широко використовуються при

очищенні природних і стічних вод від дисперсних домішок, концентрування і зневоднення суспензій для поліпшення фільтраційних характеристик осадів і т. д. В основі всіх цих процесів, званих флокуляцією, лежить зміна ступеня агрегації дисперсних частинок під впливом високомолекулярних з'єднань (ВМС).

На відміну від компактних коагулянтів, що утворюються в результаті флокуляції агрегати (флокули), володіють значною рихлістю. Флокуляція, як правило, процес незворотний: у цьому випадку неможливо шляхом зменшення вмісту в розчині реагенту (як це спостерігалось при коагуляції) здійснити пептизацію (редиспергування) осаду.

### Хід роботи

Завдання 1. Провести визначення оптимальних доз коагулянтів

У кожному з п'яти пробірок внести по 40 мл стічної води. У пробірки піпеткою внести 2 % розчин сульфату алюмінію хлориду або заліза в обсягах зазначених в таблиці

|                          |     |     |     |     |     |
|--------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|
| № проби                  | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   |
| V розчину коагулянта, мл | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 |
| Доза коагулянта, d, мг/л | 50  | 100 | 150 | 200 | 250 |

У практиці водоочистки зазвичай застосовується спосіб вираження дози коагулянту у вигляді масової концентрації, що показує кількість сухої речовини реагенту, яка припадає на одиницю обсягу оброблюваної стічної води (мг/л, г/м<sup>3</sup>).

Після додавання коагулянту воду перемішують триразовим запрокидуванням закритих пробкою пробірок. Відзначають час введення коагулянту в пробу води. Через 15 хвилин з кожної пробірки з допомогою шприца-пробовідбірника в кювету відбирають пробу надосадової рідини і визначають її оптичну щільність відносно дистильованої води. Для розрахунку ступеня очищення також необхідно провести визначення оптичної щільності вихідної стічної води (щодо дистильованої води).

Ефективність очищення води розраховується за формулою:

$$E = \frac{D_0 - D}{D_0}, \quad (4.1)$$

де E – ефективність очищення води,

$D_0$  – оптична щільність вихідної води,

D – оптична щільність очищеної води.

Результати проведених дослідів записують у вигляді таблиці:

| № проби | Коагулянт | Кількість коагулянта |         | Оптична щільність |   | E, % |
|---------|-----------|----------------------|---------|-------------------|---|------|
|         |           | V, мл                | d, мг/л | D <sub>0</sub>    | D |      |
|         |           |                      |         |                   |   |      |

### Контрольні питання

1. Назвати основні санітарно-мікробіологічні показники оцінки якості води.
2. Що називають колі-індексом, колі-титром?
3. Дати визначення мікробному числу.
4. Назвати основні критерії, якими керуються при виборі санітарно-показових організмів для проведення досліджень.

**Література:** [2, с. 50–80; 3, с. 80–97; 5, с. 140–177; 7, с. 100–160; 8, с. 100–146; 11, с. 300–310; 12, с. 180–220; 13, с. 70–80; 14, с. 200–215; 15, с. 110–210].

### Лабораторна робота № 5

#### Тема. Гідробіологічний аналіз активного мулу

**Мета:** навчитися описувати зразки активного мулу; визначати переважаючі форми гідробіонтів.

**Обладнання та реактиви:** мікроскоп; набір піпеток, в тому числі піпеток діаметром 3-4 мм, циліндри, V = 50 мл, і пробірки, V = 25 мл; покривні скла; предметні скла; осмієва кислота, 1 % водний розчин; йод, 0,3 % водний розчин, для мікроскопування жгутикових; гліцерин для мікроскопування черв'яків і коловороток; спирт етиловий 96 % для фіксації організмів.

**Навчальні елементи:** забарвлення, фотоелектроколориметр, калібрівка.

**Техніка безпеки:** робота з електроприладами, з хімічними речовинами.

### Короткі теоретичні відомості

Відбір проб активного мулу на аналіз беруть окремо з кожної споруди. Рідку пробу переливають в широкогорлу банку, заповнюють її на половину обсягу і не закривають пробкою. негайно переносять в лабораторію і приступають до аналізу не пізніше ніж через 20-30 хвилин з моменту взяття проби (протягом 1-2 годин пробу, не закрити пробкою, можна зберігати в холодильнику). Негайно

після доставки проб з аераційних споруд в лабораторію відливають з кожної проби 100 мл у циліндр для визначення обсягу мулу через 30 хвилин відстоювання і дози мулу по вазі. Одночасно наливається проба мулової суміші в стерильні пробірки в кількості 10-20 мл для активного відділення мулу від рідини, що очищається. Після 2–3 хвилинного відстоювання зразки активного мулу піддаються мікроскопіюванню.

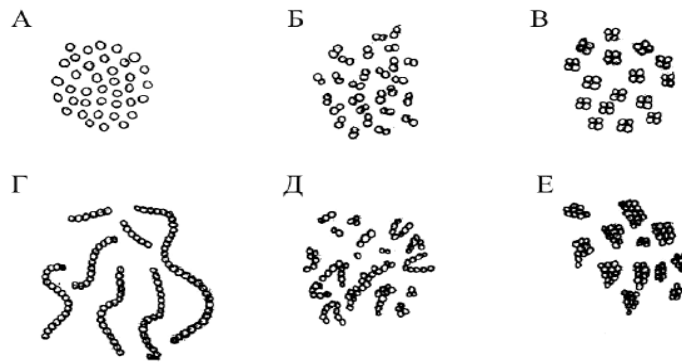


Рис. 1. Кулясті форми бактерій: А – мікрококи; Б – дилококи; В – тетракоки; Р – стрептококи; Д – стафілококи; Е – сарцини.

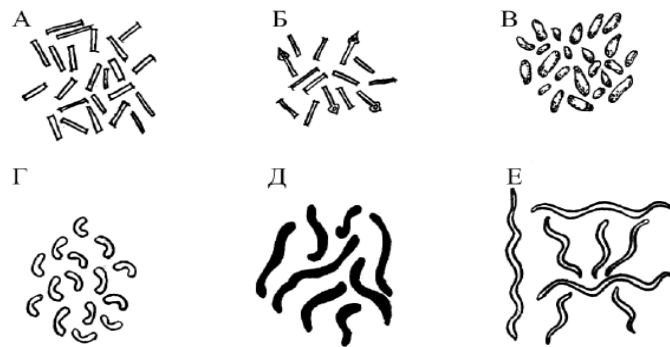


Рис. 2. Паличкоподібні і покручені форми бактерій: А – неспорова паличка; Б, В – спорова паличка; Р – вібріони; Д – спірили; Е – спірохети

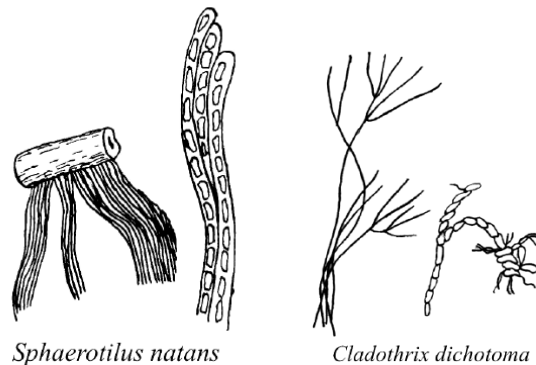


Рис. 3. Нитчасті бактерії

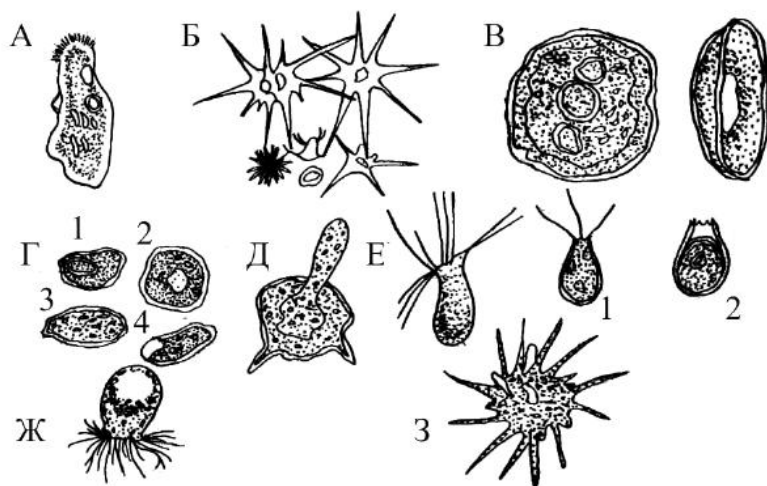


Рис. 4. Найпростіші (*Sarcodina*): А – *Amoeba limax*; Б – *Amoeba radiosa* (різні стани); В – *Arsella discoides*; Р – *Centropyxis laevigata* (1 – раковина з цистит; 2 – раковина з ротовим отвором; 3– вигляд спереду; 4 – вигляд збоку); Д – *Centropyxis aculeata*; Е – *Euglypha laevis* (1 – раковина з псевдоподиями; 2 – раковина з цистит); Ж – *Pamphagus byalinus*; З – *Aktinophrus vesiculata*.

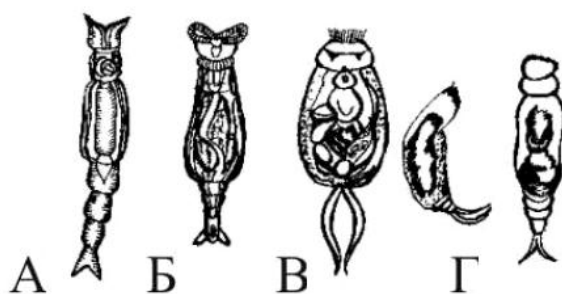


Рис. 5. Коловертки: А – *Philodina roseola*; Б – *Callidina vorax*; В – *Cathypna luna*; Г – *Notommata ansata*.

### Хід роботи

Завдання 1. Провести гідробіологічний аналіз проб аквтиного мулу.

Піпеткою відбирають 2-3 мл активного мулу з пробірки, потім краплину свіжого мулу наносять на стерильне предметне скло і покривають склом. Зазвичай на одне предметне скло поміщають 2-3 краплі мулу. Переглядають під мікроскопом. Для кращої чіткості зображення не слід сильно відкривати діафрагму мікроскопа. Зручніше користуватися об'єктивом з малим збільшенням, а окуляром – з великим. Рекомендується переглядати до 3-х препаратів, використовуючи два предметних скла.

При мікроскопіюванні відзначають види мікроорганізмів, їх фізіологічний стан, структуру мулу, наявність зооглей, включення мінеральних органічних частинок і сміття. При визначенні видів організмів треба детально розглянути їх внутрішню будову, тому їх роблять нерухомими, застосовуючи фіксацію. В якості фіксатора використовують пари осмієвої кислоти. Щоб зафіксувати препарат, на предметне скло наносять маленьку краплю рідини з найпростішими, скло швидко перевертають краплиною всередину склянки з розчином осмієвої кислоти та витримують протягом декількох секунд щільно притиснутим до горлечка склянки. Потім розглядають препарат під покривним склом при великому збільшенні.

Джгутики *Flagellata* добре видно в розчині йоду. Стежачи під мікроскопом за тим, щоб найпростіші залишалися в полі зору, протягують під покривним склом смужки фільтрувального паперу, змочений реактивом. Щоб зупинити або сповільнити рух коловерток до краплі води з живими коловертками на предметному склі, додають краплю гліцерину, обережно і ретельно перемішують кінцем препарувальної голки, покривають покривним склом і розглядають під мікроскопом. Кількість гліцерину визначають дослідним шляхом при 2-3 кратному повторенні зазначеної процедури.

Зупинити рух великих інфузорій також можна, підсушуючи краплю, покриту склом, промінь світла якого дзеркалом мікроскопа спрямовується на предметний стіл мікроскопа.

За результатами мікроскопіювання проб зазначаються такі відомості:

- 1) швидкість осідання бавовни (швидко, повільно);
- 2) колір активного мулу (бурий, чорний, білявий і т. д.);
- 3) вода над мулом (прозора, каламутна, пофарбована);
- 4) щільність і розмір бавовни мулу (щільний, роздроблений, великий, дрібний);
- 5) наявність сторонніх включень;
- 6) склад гідробіонтів;
- 7) наявність грибів і нитчастих бактерій;
- 8) наявність вільноплаваючих бактерій (багато, мало);
- 9) переважаючі форми бактерій (дрібні палички, великі палички, спірилли).

Пункти 4-6 розглядаються при малому збільшенні (окуляр 10х або 15х, об'єктив 8х); 7, 8 і 9 – при великому (окуляр 10х або 15х, об'єктив 40х).

### **Контрольні питання**

1. Алгоритм гідробіологічного аналізу активного мулу.

**Література:** [4; 6, с. 240–285; 20].

## **2 КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ ЗНАНЬ СТУДЕНТІВ**

### **A 5 (відмінно) 90–100**

Студент має глибокі, міцні і системні знання з усього теоретичного курсу, може чітко сформулювати та використовує у своїх відповідях спеціальну термінологію, володіє латинськими назвами, володіє понятійним апаратом; уміє застосувати здобуті теоретичні знання під час розв'язання практичних завдань, що стосується нових технологій дослідження структури клітини; самостійно може підготувати змістовний реферат і захистити основні його положення.

### **B 4,5 (добре) 85–89**

Студент має глибокі, міцні та системні знання з усього теоретичного курсу, може чітко сформулювати та використовує у своїх відповідях спеціальну термінологію, володіє понятійним апаратом, латинськими назвами, але у своїх відповідях може допустити неточності, зустрічаються незначні помилки під час виконання завдань; самостійно може підготувати змістовний реферат і захистити основні його положення.

### **C 4 (добре) 75–84**

Студент знає програмний матеріал у повному обсязі, має практичні вміння, але не вміє самостійно логічно мислити, зокрема, підготувати реферат і захищати його положення. Відповідь його повна, змістовна, але з певними неточностями.

### **D 3,5 (задовільно) 65–74**

Студент відтворює значну частину теоретичного матеріалу, виявляє знання і розуміння основних положень, за допомогою викладача може

аналізувати матеріал, виправляти помилки, серед яких є значна кількість суттєвих. За допомогою викладача може підготувати реферативну роботу.

### **Е 3 (задовільно) 60–64**

Студент має початковий рівень знань, володіє необхідними уміннями та навичками для вирішення стандартних завдань; виявляє розуміння основних положень навчального матеріалу на репродуктивному (відтворюючому) рівні; здатний з помилками дати визначення понять та термінів, що вивчаються; може самостійно оволодівати частиною навчального матеріалу, але висновки робить нелогічні, непослідовні.

### **ЕХ 2 (незадовільно) 35–59**

Студент мало усвідомлює мету навчально-пізнавальної діяльності; слабко орієнтується в поняттях, визначеннях; самостійне опрацювання навчального матеріалу викликає значні труднощі; робить спробу розповісти суть заданого, але відповідає лише за допомогою викладача на рівні «так» чи «ні»; однак може самостійно знайти в підручнику відповідь.

### **Х 1 (незадовільно) 1–34**

Студент зовсім не володіє необхідними знаннями, уміннями, навичками та науковими термінами з дисципліни, що вивчається, зовсім не здатний до самостійного вивчення дисципліни.

Підсумковий контроль з дисципліни здійснюється у вигляді заліку, що проводиться після закінчення семестру (закінчення курсу). Отримана кількість балів переводиться в національну шкалу відповідно до таблиці, наведеної нижче, та виставляється в екзаменаційну відомість.

Відповідність рейтингових балів і національної шкали оцінювання:

| Оцінка за 100-бальною шкалою | Оцінка за національною шкалою |
|------------------------------|-------------------------------|
| 60–100                       | «зараховано»                  |
| 1–34                         | «не зараховано»               |



## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

### Основна література

1. Екологічна біотехнологія : навч. посібник / [О. В. Швед, О. Б. Миколів, О. З. Комаровська-Порохнявець, В. П. Новіков]. – Кн. 1. – Львів : Львівська політехніка, 2010. – 424 с.
2. Екологічна біотехнологія : навч. посібник / [О. В. Швед, О. Б. Миколів, О. З. Комаровська-Порохнявець, В. П. Новіков]. – Кн. 2. – Львів : Львівська політехніка, 2010. – 368 с.
3. Терещук А. И. Исследование и переработка осадков сточных вод / А. И. Терещук. – Львов : Вища шк., Изд-во при Львов. ун-те, 1988. – 148 с.
4. Фауна аэротенков (Атлас). – Л. : Наука, 1984. – 264 с.
5. Чурбанова И. Н. Микробиология : [учеб. для вузов по спец. «Рациональное использ. водных ресурсов и обезвреживание пром. стоков»] / И. Н. Чурбанова. – М. : Высш. шк., 1987. – 239 с.
6. Бекер М. Е. Биотехнология / М. Е. Бекер, Г. К. Лиепиньш, Е. П. Райпулис. – М. : Агропромиздат, 1990. – 334 с.
7. Голубовская Э. К. Биологические основы очистки воды / Э. К. Голубовская. – М. : Высш. шк., 1978. – 271 с.
8. Мацнев А. И. Водоотведение на промышленных предприятиях / А. И. Мацнев. – Львов : Вища шк., 1986. – 200 с.
9. КORTE Ф. Экологическая химия / Ф. КORTE, М. Бахадир, В. Клайн, Я. П. Лай, Г. Парлар, И. Шайнерт ; под ред. Ф. КORTE. – М. : Мир, 1997. – 396 с.
10. Запольський А. К. Фізико-хімічні основи технології очищення стічних вод : підручник / А. К. Запольський, Н. А. Мішкова-Клименко, І. М. Астрелін, М. Т. Брик, П. І. Гвоздяк, Т. В. Князькова. – К. : Лібра, 2000. – 552 с.
11. Яковлев С. В. Очистка производственных сточных вод : учеб. пособие для вузов / С. В. Яковлев, Я. А. Карелин, Ю. М. Ласков, Ю. В. Воронов ; под ред. С. В. Яковлева. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Стройиздат, 1985. – 335 с.
12. Кедров В.С. Водоснабжение и канализация : учебник для вузов / В. С. Кедров, П. П. Пальгунов, М. А. Сомов. – М. : Стройиздат. 1984. – 288 с.

13. Гвоздев В. Д. Очистка производственных сточных вод и утилизация осадков / В. Д. Гвоздев, Б. С. Ксенофонтов. – М. : Химия, 1988. – 112 с.
14. Евилевич А. З. Утилизация осадков сточных вод / А. З. Евилевич, М. А. Евилевич. – Л. : Стройиздат, Ленингр. отд-ние, 1988. – 248 с.
15. Туровский И. С. Обработка осадков сточных вод / И. С. Туровский. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Стройиздат, 1988. – 256 с.
16. Запольський А. К. Водопостачання, водовідведення та якість води / А. К. Запольський. – К. : Вища школа, 2005. – 671 с.
17. Воронов Ю. В. Водоотведение и очистка сточных вод / Ю. В. Воронов, С. В. Яковлев. – М. : Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2006. – 704 с.
18. Ковальчук В. А. Очистка стічних вод / В. А. Ковальчук. – Рівне : ВАТ «Рівненська друкарня», 2003. – 622 с.

#### **Додаткова**

19. Пааль Л. Л. Справочник по очистке природных и сточных вод / Л. Л. Пааль, Я. Я. Кару, Х. А. Мельдер, Б. Н. Репин. – М. : Высш. шк., 1994. – 336 с.
20. СТУ ISO 5667-13:2005 – Якість води. Відбирання проб. Частина 13. Настанови щодо відбирання проб мулу на спорудах для очищення стічних вод і для водоготування (ISO 5667 13:1997, IDT)

Методичні вказівки щодо лабораторних робіт з навчальної дисципліни «Біотехнологія очищення води» для студентів денної форми навчання за напрямом 6.051401 – «Біотехнологія»

Укладачі: к. т. н., ст. викл. О. А. Сакун  
к. т. н., доц. А. В. Пасенко

Відповідальний за випуск доц. кафедри біотехнологій і біоінженерії  
А. В. Пасенко

Підп. до др. \_\_\_\_\_ 2017. Формат 60x84 1/16. Папір тип. Друк ризографія.  
Ум. друк. арк. \_\_\_\_\_. Наклад \_\_\_\_\_ прим. Зам. № \_\_\_\_\_. Безкоштовно.

Видавничий відділ  
Кременчуцького національного університету  
імені Михайла Остроградського  
вул. Першотравнева 20, м. Кременчук, 39600