

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
КРЕМЕНЧУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ МИХАЙЛА ОСТРОГРАДСЬКОГО

## **БІОТЕХНОЛОГІЯ ОЧИЩЕННЯ ВОДИ**

ПРОГРАМА  
варіативної навчальної дисципліни  
підготовки фахівців освітньо-кваліфікаційного рівня «бакалавр»  
напряму 6.051401 «Біотехнологія»

РОЗРОБЛЕНО ТА ВНЕСЕНО:

Кафедрою біотехнології та здоров'я людини  
Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського

РОЗРОБНИК ПРОГРАМИ:

*Пасенко Альона Вікторівна*, к.т.н., доцент

ЗАТВЕРДЖЕНО на засіданні кафедри біотехнології та здоров'я людини

Протокол № \_\_\_\_\_ від “ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2016 року

В.о. завідувача кафедри

біотехнології та здоров'я людини \_\_\_\_\_ (підпис) (Новохатько О.В.)  
(прізвище та ініціали)

ОБГОВОРЕННО ТА РЕКОМЕНДОВАНО до видання методичною комісією  
КрНУ за напрямом підготовки 6.051 401 «Біотехнологія»

Протокол від “ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2016 року № \_\_\_\_\_

Голова \_\_\_\_\_ (підпис) ( \_\_\_\_\_ )  
(прізвище та ініціали)

© КрНУ імені Михайла Остроградського, 2016 рік  
© Кафедра біотехнології та здоров'я людини, 2016 рік  
© Пасенко А.В., 2016 рік

## ВСТУП

Програма вивчення навчальної дисципліни «Біотехнологія очищення води» складена відповідно до варіативної частини освітньо-професійної програми підготовки бакалавра напряму 6.051401 «Біотехнологія». Дисципліна 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.

**Предметом вивчення навчальної дисципліни «Біотехнологія очищення води» є біологічні технології, що застосовують для вирішення екологічних проблем водних об'єктів навколишнього середовища, для запровадження природоохоронних заходів на підприємствах різних галузей виробництва з метою попередження забруднення довкілля рідкими відходами підприємств.**

**Міждисциплінарні зв'язки:** сучасна дисципліна «Біотехнологія очищення води» має зв'язки з багатьма науками, які відрізняються об'єктами та методологією досліджень. 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».

**Програма навчальної дисципліни складається з таких змістових модулів:**

1. Забруднені води як субстрат біотехнології очищення стічних та природних вод.
2. Гідробіонти, ґрунтовий та штучні мікробоценози очисних споруд як біоагенти біотехнології очищення води.
3. Вимоги до складу та якості очищеної води як продукту біотехнології.
4. Споруди, апарати та допоміжне обладнання біотехнології очищення води.
5. Процеси та технічні умови біотехнології очищення води.

### **1. Мета та завдання навчальної дисципліни**

**1.1. Метою викладання навчальної дисципліни «Біотехнологія очищення води» є ознайомлення студентів напряму підготовки 6.051401 «Біотехнологія» з основними біологічними технологіями у галузі водовідведення, біоагентами, біопроецесами 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.

## **1.2. Основними завданнями вивчення дисципліни «Біотехнологія очищення води» є:**

- 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.

## **1.3. Згідно з вимогами освітньо-професійної програми студенти повинні:**

### **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;

### **вміти:**

- 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.

## **2. Інформаційний обсяг навчальної дисципліни**

### **Змістовий модуль 1**

#### **Забруднені води як субстрат біотехнології очищення стічних та природних вод**

Водні ресурси, їх забруднення. Класифікація водних об'єктів за видами водокористування. Джерела забруднення природних вод. Утворення стічних вод. Склад та властивості природних і стічних вод. Класифікація забруднень природних і стічних вод. Основні показники ступеня забруднення вод. Шкала сапробності водойм. Розрахунок необхідного ступеня очищення стічних і природних згідно з вимогами нормативно-законодавчої бази щодо якості води. Склад, властивості очищених стічних вод.

### **Змістовий модуль 2**

#### **Гідробіонти, ґрунтовий та штучні мікробоценози очисних споруд як біоагенти біотехнології очищення води**

Гідробіонти як природні біоагенти технології очищення води. Використання очисного потенціалу водної рослинності в біоочищенні води. Функції водної рослинності у водоймах. Угруповання водної рослинності з високою очисною здатністю, їх застосування. Фіто- і зоопланктон біоспоруд. Роль водних мікро- і макроорганізмів в технології біоочищення води.

Біоплівка очисних споруд біоочищення води – біофільтрів. Біоплівка біофільтрів – штучний, закріплений на завантажувальному матеріалі біоценоз, який здійснює очищення води. Склад та функції біоценозу біоплівки

крапельних та високонавантажених біофільтрів (аерофільтрів). Умови ефективного функціонування біоплівки.

Активний мул аеротенків. Населення аеротенків. Мікробіологічна, фізико-хімічна та хімічна характеристика активного мулу. Модифікації активного мулу. Індикаторні організми активного мулу. Порівняння якісного та кількісного складу активного мулу аеротенків і біоплівки біофільтрів.

Анаеробний мул очисних споруд та природних водойм в умовах анаеробіозу. Біоценоз очисних споруд – метантенків. Мікробіологічна характеристика анаеробного мулу. Кислотоутворюючі та метаноутворюючі бактерії анаеробного мулу, їх функції. Умови ефективного функціонування анаеробного мулу очисних споруд.

Ґрунтовий біоценоз – природна біоплівка, що здійснює очищення стічних води при експлуатації ґрунтових споруд. Склад та функції ґрунтової біоплівки. Екологічні групи ґрунтового мікробіоценозу, їх просторова локалізація в шарах ґрунту. Вплив умов аерації на ефективність біодеструктивної діяльності ґрунтової біоти. Роль ґрунтових мікро- та макроорганізмів в технології біоочищення води.

Клітинна іммобілізація. Загальні відомості. Методи клітинної іммобілізації. Застосування іммобілізованих клітин. Типи реакторів з іммобілізованими клітинами.

### **Змістовий модуль 3**

#### **Вимоги до складу та якості очищеної води як продукту біотехнології**

Біотехнологія й охорона водних ресурсів. Санітарні умови випуску очищених стічних вод у водойми. Розрахунок необхідного ступеня очищення стічних вод при їх скиданні у поверхневі водні об'єкти. Розбавлення стічних вод поверхневими водами. Самоочищення води у водних об'єктах. Вимоги до складу стічних вод та умови їх скидання у каналізаційну мережу. Нормативно-законодавча база щодо складу, якості та властивостей поверхневих та ґрунтових вод, регулювання використання водних ресурсів, їх охорони.

### **Змістовий модуль 4**

#### **Споруди, апарати та допоміжне обладнання біотехнології очищення води**

Природні біотехнологічні гідроспоруди очищення води. Типи біотехнологічних гідроспоруд з використанням очисного потенціалу водної рослинності. Біоставки. Біоплато. Штучні болота. Фітофільтраційні устрої. Умови проектування і застосування гідроспоруд. Ефективність очищення стічних вод. Переваги та недоліки роботи гідроспоруд.

Біореактори з нерухомою біоплівкою. Очищення води в біофільтрах. Принцип роботи біофільтру. Типи та конструкційні особливості біофільтрів. Краплинні біофільтри. Висконавантажени біофільтри, їх класифікація. Біофільтри з пластмасовою загрузкою. Режим аерації на спорудах різного типу. Застосування, переваги, недоліки роботи споруд. Особливості експлуатації біофільтрів.

Гомогенні біореактори аеробного очищення води. Аеротенки як індустріальні споруди аеробного біоочищення стічних вод. Застосування. Принцип роботи аеротенку. Конструкції аеротенків, їх класифікація. Аеротенки-змішувачі, аеротенки-витискувачі, аеротенки-відстійники та ін. Система аерації у біоспорудах. Порушення роботи аеротенків. Виявлення та ліквідація аварійних ситуацій. Окситенки – біоспоруди зі штучною аерацією технічним киснем. Загальна характеристика роботи окситенків.

Біореактори анаеробного очищення води. Типи очисних споруд для анаеробного зброджування: септики, двох'ярусні відстійники, освітлювачі-перегнивачі, метантенки та ін. Принцип роботи споруд. Конструкції. Застосування споруд. Порушення у роботі споруд. Переваги, недоліки і різниця в функціонуванні споруд анаеробного біоочищення води.

Ґрунтові споруди біоочищення води. Поглинальна здатність ґрунту. Поля зрошування, поля фільтрації, споруди підземної фільтрації. Ефективність, переваги, недоліки ґрунтових методів. Межі застосування. Умови, яких дотримуються при проектуванні споруд.

## **Змістовий модуль 5**

### **Процеси та технічні умови біотехнології очищення води**

Загальні положення процесу біоочищення води. Технологічні показники біологічного очищення води. Біохімічні процеси у біоспорудах, їх направленість. Закономірності біохімічного окислення органічних речовин в аеробних та анаеробних умовах в очисних спорудах. Послідовність біохімічних перетворень складних органічних субстратів. Місце протікання біохімічного окислення. Роль ферментів у процесах трансформації органічних речовин. Біохімічна активність мікроорганізмів. Процеси амоніфікації, нітри-, денітрифікації у забруднених водах та під час біоочищення. Фізіологічні властивості кислотоутворюючих і метаноутворюючих бактерій як головних біодеструкторів анаеробного мулу. Стадії кислого та метанового анаеробного зброджування. Закономірності розвитку та росту популяцій мікро-, макроорганізмів як складових біоагенту технології. Ефективність процесів біоочищення води як індикатор біодеградації забруднень води. Інтенсифікація біохімічних процесів у біоспорудах.

Біофлокулянти. Застосування мікроорганізмів в якості флокулянта у процесах очищення стічних вод. Седиментаційні та адсорбційні властивості мікроорганізмів активного мулу. Флокуляційна взаємодія мікробів і мінеральних часток. Способи обробки суспензії мікроорганізмів. Біосинтез біофлокулянтів. Використання в якості біофлокулянтів екстрактів гідролізу біомаси мікроорганізмів.

Екологія представників біоценозу очисних споруд. Екологічні групи. Трофічні ланцюги в біоценозах очисних споруд. Потік енергії та речовин у трофічних ланцюгах біоценозів різних очисних споруд. Вплив екологічних факторів, умов реалізації біотехнології на функціонування та активність біоценозу очисних споруд. Уміст і роль біогенних елементів забруднених вод у життєдіяльності організмів біоценозу очисних споруд та їх вплив на біохімічну

активність біоагенту. Екологічна рівновага в біоценозах очисних споруд. Умови підтримання екологічної рівноваги у спорудах.

Технологічні режими біоочищення води. Періодичний та безперервний режими роботи біореакторів очищення води. Основні технологічні параметри роботи біореакторів періодичної або безперервної дії. Режим аерації при експлуатації різних споруд. Природна і штучна аерація. Температурний режим біоочищення води у спорудах. Мезофільний і термофільний режими анаеробного зброджування у метантенках. Режими перемішування субстрату в біореакторах для інтенсифікації біодеструкційних процесів. Механічне, барботажне, пневматичне, гідравлічне перемішування.

### **3. Рекомендована література**

#### **Основна:**

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. Экологическая биотехнология ; [пер. с англ.] ; под ред. К. Ф. Форстера, Д. А. Дж. Вейза. – Л. : Химия, 1990. – 384 с.
4. Сассон А. Биотехнология: свершения и надежды : [пер. с англ.] ; под ред., с предисл. и дополн. В. Г. Дебабова. – М. : Мир, 1987. – 422 с.
5. Герасименко В. Г. Биотехнология : учеб. пособие / В. Г. Герасименко. – К. : Выща шк. Головное изд-во, 1989. – 343 с.
6. Терещук А. И. Исследование и переработка осадков сточных вод / А. И. Терещук. – Львов : Вища шк., Изд-во при Львов. ун-те, 1988. – 148 с.
7. Фауна аэротенков (Атлас). – Л. : Наука, 1984. – 264 с.
8. 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.
9. Бекер М. Е. Биотехнология / М. Е. Бекер, Г. К. Лиепиныш, Е. П. Райпулис. – М. : Агропромиздат, 1990. – 334 с.
10. Никитин Г. А. Метановое брожение в биотехнологии / Г. А. Никитин. – К. : Выща шк., 1990. – 207 с.
11. Варфоломеев С. Д. Биотехнология : Кинетические основы микробиологических процессов / С. Д. Варфоломеев, С. В. Калюжный. – М. : Высш. шк., 1990. – 296 с.
12. Голубовская Э. К. Биологические основы очистки воды / Э. К. Голубовская. – М. : Высш. шк., 1978. – 271 с.
13. Яковлев С. В. Канализация / С. В. Яковлев, Ю. М. Ласков. – М. : Стройиздат, 1987. – 319 с.
14. Родионов А.И. Техника защиты окружающей среды / А. И. Родионов, В. Н. Клушин, Н. С. Торошечников : учебник для вузов ; 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Химия, 1989. – 512 с.

15. Вронский В. А. Прикладная экология : учебное пособие / В. А. Вронский. – Ростов н/Д. : Изд-во «Феникс», 1996. – 512 с.
16. Мазур И. И. Курс инженерной экологии : учеб. для вузов / И. И. Мазур, О. И. Молдаванов ; под ред. И. И. Мазура. – М. : Высш. шк., 1999. – 447 с.
17. Мацнев А. И. Водоотведение на промышленных предприятиях / А. И. Мацнев. – Львов : Вища шк., 1986. – 200 с.
18. Степановских А. С. Охрана окружающей среды : учебник для вузов / А. С. Степановских. – М. : ЮНИТИ-ДАНА, 2000. – 559 с.
19. Карюхина Т. А. Химия воды и микробиология : учебник / Т. А. Карюхина, И. Н. Чурбанова. – М. : Стройиздат. 1974. – 224 с.
20. Корте Ф. Экологическая химия : пер. с нем. / Ф. Корте, М. Бахадир, В. Клайн, Я. П. Лай, Г. Парлар, И. Шайнерт ; под ред. Ф. Корте. – М. : Мир, 1997. – 396 с.
21. 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.
22. 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.
23. Ковалева Н. Г. Биохимическая очистка сточных вод предприятий химической промышленности / Н. Г. Ковалева, В. Г. Ковалев. – М. : Химия, 1987. – 160 с.
24. Василенко А. А. Водоотведение. Курсовое проектирование / А. А. Василенко. – Киев : Вища школа, 1988 – 255 с.
25. Кедров В.С. Водоснабжение и канализация : учебник для вузов / В. С. Кедров, П. П. Пальгунов, М. А. Сомов. – М. : Стройиздат. 1984. – 288 с.
26. Гвоздев В. Д. Очистка производственных сточных вод и утилизация осадков / В. Д. Гвоздев, Б. С. Ксенофонтов. – М. : Химия, 1988, 112 с.
27. Веселов Ю. С. Водоочистное оборудование / Ю. С. Веселов, И. С. Лавров, Н. И. Рукобратский. – Л. : «Машиностроение», 1985. – 230 с.
28. Евилевич А. З. Утилизация осадков сточных вод / А. З. Евилевич, М. А. Евилевич. – Л. : Стройиздат, Ленингр. отд-ние, 1988. – 248 с.
29. Туровский И. С. Обработка осадков сточных вод / И. С. Туровский. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Стройиздат, 1988. – 256 с.
30. Старинский В. П. Водозаборные и очистные сооружения коммунальных водопроводов / В. П. Старинский, Л. Г. Михайлик. – Минск : Вышейш. шк., 1989. – 270 с.
31. Проскураков В. А. Очистка сточных вод в химической промышленности / В. А. Проскураков, Л. И. Шмидт. – Л. : Химия, 1977. – 464 с.
32. Гомеля М. Д. Очисні споруди. Основи проектування : навч. посіб. / М. Д. Гомеля, Т. В. Крисенко, І. М. Дейкун. – К. : НТУУ «КПІ», 2007. – 170 с.
33. Гомеля М. Д. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з курсу «Очисні споруди. Основи проектування» / М. Д. Гомеля, О. В. Глушко, В. С. Камаєв. – К. : ТОВ «Інфодрук», 2012. – 173 с.

34. Запольський А. К. Водопостачання, водовідведення та якість води / А. К. Запольський. – К. : Вища школа, 2005. – 671 с.
35. Воронов Ю. В. Водоотведение и очистка сточных вод / Ю. В. Воронов, С. В. Яковлев. – М. : Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2006. – 704 с.
36. Кульский Л. А. Технология очистки природных вод / Л. А. Кульский, П. П. Строкач. – К. : Вища школа, 1986. – 352 с.
37. Ковальчук В. А. Очистка стічних вод / В. А. Ковальчук. – Рівне : ВАТ «Рівненська друкарня», 2003. – 622 с.

#### **Додаткова:**

38. Екологічний словник : навч. посібник / [В. В. Преждо, Г. А. Ткач, І. С. Кратенко, Ф. В. Ківва, В. В. Шило]. – Х. : ХДАМГ Міносвіти України, 1999. – 416 с.
39. Преждо В. В. Екологічний словник : навч. посібник / В. В. Преждо, Г. А. Ткач, І. С. Кратенко, Ф. В. Ківва, В. В. Шило. – Харків : ХДАМГ Міносвіти України, 1999. – 416 с.
40. Сытник К. М. Словарь-справочник по экологии / К. М. Сытник и др. ; под ред. К. М. Сытника. – Киев. : Наукова думка. 1994. – 665 с.
41. 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.
42. Проектирование сооружений для очистки сточных вод : справочное пособие к СНиП. – М. : Стройиздат, 1990. – 190 с.
43. Жуков А. И. Методы очистки производственных сточных вод : справ. пособие / А. И. Жуков, И. Л. Монгайт, И. Д. Родзиллер ; под ред. А. И. Жукова. – М. : Стройиздат, 1977. – 204 с.

#### **4. Форма підсумкового контролю успішності навчання**

Екзамен.

#### **5. Засоби діагностики успішності навчання**

Діагностика залишкових базових знань з дисципліни проводиться з використанням комплектів завдань для діагностики успішності навчання за змістовними модулями.

