



«БІОТЕХНОЛОГІЇ ОЧИЩЕННЯ ВОДИ»

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврський)</i>
Галузь знань	<i>16 «Хімічна та біоінженерія»</i>
Спеціальність	<i>162 – Біотехнології та біоінженерія</i>
Освітня програма	<i>Біотехнології</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>Очна (денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>4 курс, осінній семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>4 кредити (120 год): 36 год лекції, 18 год практичні заняття, 18 год лабораторні, самостійна робота 48 год.</i>
Семестровий контроль / контрольні заходи	<i>Залік / МКР / ДКР</i>
Розклад занять	http://roz.kpi.ua , http://schedule.kpi.ua
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: д.т.н., проф., проф. Саблій Лариса Андріївна</i> larisasabliy@ukr.net ; 099-281-09-91 (Телеграм) <i>Практичні: д.т.н., проф., проф. Саблій Лариса Андріївна</i> larisasabliy@ukr.net ; 099-281-09-91 (Телеграм) <i>Лабораторні: док. філ., асист. Колтишева Діна Сергіївна</i> koltysheva.dina@ill.kpi.ua
Розміщення курсу	<i>Платформа дистанційного навчання «Сікорський». Електронний Кампус КПІ ім. Ігоря Сікорського</i> <i>Google classroom. Код курсу zb6qrf6</i>

Програма навчальної дисципліни

1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Актуальність дисципліни «Біотехнології очищення води» полягає у розгляді та аналізі методів і технологій очищення води з різним складом забруднюючих речовин та одержання якісної очищеної води в результаті використання різних асоціацій мікроорганізмів – активного мулу, іммобілізованих мікроорганізмів, гранульованого мулу, та створення і підтримування різних умов проведення процесу за концентрацією кисню, біомасою, тривалістю, в залежності від складу, кількості і характеристик забруднюючих речовин, які містяться у воді та стічних водах, та вимог до якості очищеної води, що дасть можливість впровадження нових ефективних біотехнологій або удосконалення існуючих. Такий підхід буде формувати у студентів-бакалаврів здатність до розв'язання проблем у сфері біотехнологій і біоінженерії, пошуку ефективних та економічних рішень, критично оцінювати одержані результати для розробки нових та вдосконалення існуючих біотехнологій. Дана дисципліна повинна ознайомити студента з основами біологічних процесів очищення води і стічних вод, шляхами керування цими

процесами для збільшення ефективності очищення води та стічних вод від різних забруднюючих речовин і одержання очищеної води відповідно до санітарних вимог.

Метою дисципліни є формування у студентів компетентностей щодо аналізу основних способів очищення стічної води, основаних на використанні мікроорганізмів та інших гідробіонтів; керування технологічними процесами біологічного очищення води при відмінності якісного та кількісного складу забруднювачів; розробки біотехнологій очищення води для забезпечення якості очищеної води відповідно до умов скиду у природні водойми; проектування, розрахунку водоочисних споруд.

Предметом дисципліни є процеси та технології біологічного очищення води, технологічні параметри очищення.

Основні завдання дисципліни -

вибір способів, прийомів та технологій для забезпечення водоочищення біологічними методами, способів та умов культивування мікроорганізмів у біологічних методах з метою одержання очищеної від різних забруднюючих речовин води у відповідності до санітарних вимог для ефективного використання відомих технологій та їх вдосконалення. Згідно з вимогами програми навчальної дисципліни, студенти після засвоєння дисципліни повинні отримати такі **компетентності**:

- здатність працювати з біологічними агентами (активним мулом, іммобілізованими мікроорганізмами, анаеробним мулом тощо), які використовуються у технологіях біологічного очищення стічних вод, переробки осадів, що утворюються при очищенні;
- здатність здійснювати експериментальні дослідження для вдосконалення біологічних агентів;
- здатність проводити аналіз води та стічних вод різного походження (господарсько-побутових, промислових різних виробництв), матеріалів, які використовуються в біотехнологіях очищення стічних вод, очищеної води та стічних вод;
- здатність обирати із врахуванням технічної та економічної ефективності біологічні методи і технології для очищення води і стічних вод від забруднюючих речовин органічного і неорганічного характеру; враховувати новітні аеробні та анаеробні методи очищення стічних вод з використанням різних біоценозів мікроорганізмів для очищення стічних вод від низки забруднювачів: органічних речовин, сполук Нітрогену, Фосфору, важких металів, антибіотиків та ін.;
- здатність обирати і використовувати в біотехнологіях очищення стічних вод відповідні споруди: аеротенки, біофільтри, анаеробні біореактори, метантенки та ін., розраховувати їх та вибирати конструкції, використовуючи типові проєкти та іншу проєктно-конструкторську документацію;
- здатність складати технологічні схеми біотехнологій очищення стічних вод різного походження та переробки осадів, які утворюються при очищенні;
- здатність оцінювати ефективність очищення стічних вод з використанням вибраної біотехнології та якість очищеної води у відповідності до нормативних вимог скидання у природні водойми; вміння приймати рішення за необхідності глибокого очищення від окремих забруднювачів, зокрема, сполук Нітрогену, Фосфору, важких металів тощо.

Згідно з вимогами програми навчальної дисципліни, студенти після засвоєння дисципліни повинні продемонструвати такі **результати навчання**:

- вміти здійснювати якісний і кількісний аналіз води і стічних вод на вміст забруднювачів неорганічного, органічного і біологічного походження, використовуючи відповідні методики;
- вміти здійснювати контроль якості неочищених та очищених з використанням вибраної біотехнології стічних вод на основі знань про фізико-хімічні властивості органічних та неорганічних речовин – забруднювачів стічних вод;
- вміти проводити експериментальні дослідження з метою визначення впливу фізико-хімічних та біологічних факторів зовнішнього середовища на життєдіяльність мікроорганізмів активного мулу, іммобілізованих на носіях, анаеробного мулу та ін.;

- вміти обґрунтувати вибір біологічного агенту для біологічного очищення стічних вод, способу очищення, основних стадій технологічного процесу з урахуванням техніко-економічних показників та отриманої якості очищеної води у відповідності до санітарних вимог;
- вміти аналізувати нормативні документи та обирати раціональні технологічні рішення щодо технологій біологічного очищення стічних вод різного походження (господарсько-побутових, промислових – харчових, шкіряних, фармацевтичних та ін. виробництв);
- базуючись на знаннях про закономірності механічних, гідравлічних, тепло- і масообмінних процесів та основні конструктивні особливості, вміти вибирати відповідні споруди, устаткування у процесі проєктування очисних споруд технології біологічного очищення стічних вод для забезпечення їх максимальної ефективності;
- вміти здійснювати розрахунки технологічного обладнання для біологічного очищення стічних вод та переробки осадів;
- вміти здійснювати обґрунтування та вибір відповідного технологічного обладнання для біологічного очищення стічних вод і графічно зображати технологічну схему процесів очищення, відповідно до вимог нормативних документів;
- вміти розраховувати основні критерії оцінки процесу біологічного очищення стічних вод: ефект очищення за різними показниками забруднень; приріст активного мулу; навантаження на активний мул за органічною речовиною; швидкість окиснення органічних речовин активним мулом; потужність біореактора та ін.;
- вміти аналізувати та проєктувати технології біологічного очищення стічних вод різного походження (міст, промислових підприємств різних галузей та ін.) в залежності від кількісного і якісного складу забруднювачів.

2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)

Ґрунтується на знаннях, одержаних студентами при вивченні дисциплін: хімія (загальна, неорганічна, фізична, колоїдна, органічна, аналітична); біохімія; фізика; промислова екологія.

Використовується при виконанні бакалаврських, магістерських дипломних проєктів і наукових робіт, при підготовці аспірантів.

3. Зміст навчальної дисципліни

Розділ 1. Вода – незвична життєдайна хімічна сполука.

Тема 1.1. Вступ. Мета і завдання вивчення дисципліни. Біологічні аномалії води.

Вода - зручне середовище існування гідробіонтів. Вода як розчинник органічних і мінеральних речовин. Вода - субстрат, метаболіт, каталізатор біохімічних процесів усього живого. Деякі найбільш відомі та життєво важливі фізичні аномалії води. Фізичні та хімічні властивості води.

Тема 1.2. Взаємовідносини людини та гідросфери.

Кількісний та якісний аспекти антропогенного забруднення води. Вплив на водний басейн людини при розширенні її функціональної ролі у біосфері. Продуценти-консументи-деструктори. Згубні наслідки діяльності людини на навколишнє середовище. Ксенобіотики. Автохтонне та аллохтонне забруднення води. Забруднення води стічними водами і його наслідки.

Тема 1.3. Природні та стічні води. Біотехнології очищення води.

Природні води. Багатокомпонентний склад природних поверхневих і підземних вод. Стічні води та їх забруднення. Господарсько-побутові та виробничі стічні води, їх забруднення. Біологічне очищення води. Аеробні та анаеробні технології біологічного очищення води і стічних вод.

Розділ 2. Водопідготовка та водоочищення.

Тема 2.1. Біологічні процеси у водопідготовці та водовідведенні.

Типові схеми підготовки питної води з поверхневих і підземних вод. Сучасні виклики і тенденції. Біологічні процеси в системах підготовки питної води. Схема біологічного очищення міських стічних вод. Проблеми, які виникають при роботі станції біологічного очищення стічних вод та шляхи їх вирішення.

Тема 2.2. Біологічне очищення води.

Самоочищення води як основа індустріальної біологічної обробки води. Історія виникнення та розвитку біотехнології очищення води. Основні гідробіоценози, що використовуються в очищенні стічних, поверхневих, підземних і питної вод: біоплівка; активний мул; анаеробні бактерії метантенків; аеробні та анаеробні спеціально адаптовані мікроорганізми-деструктори органічних сполук; анаеробний гранульований активний мул; гідробіонти біоконвеєра.

Тема 2.3. Біологічна плівка.

Організми біоплівки. Очисні споруди, в яких використовується біоплівка: ґрунтові споруди; біофільтри; біодискові фільтри; біобарабани; «ветленди»-мочари. Переваги та недоліки біотехнології очищення води за допомогою біоплівки. Використання носіїв іммобілізованих мікроорганізмів (типу ВІА, йоржів та ін.) і їх біообростання.

Тема 2.4. Технології біологічного очищення стічних вод з використанням біологічної плівки.

Характеристика мікроорганізмів біоплівки. Біофільтри та їх різновиди, переваги і недоліки. Умови культивування мікроорганізмів біоплівки в біофільтрах різних типів. Види завантажень біофільтрів, переваги та недоліки. Аерація біофільтрів.

Тема 2.5. Активний мул.

Гідробіонти активного мулу: мікрофлора та мікрофауна. Сапрозойний та голозойний типи харчування. Проблеми очищення сучасних стічних вод активним мулом. Характерні ознаки спухання. Причини та збудники спухання активного мулу. Методи боротьби з цим негативним явищем. Характеристика мікрофлори та мікрофауни активного мулу.

Тема 2.6. Технології біологічного очищення стічних вод з використанням активного мулу.

Технологічні схеми очищення стічних вод з використанням аеротенків. Аеротенки, їх різновиди. Регенератори. Технологічні параметри аеротенків: навантаження на активний мул, ступінь рециркуляції активного мулу, доза активного мулу, окисна потужність, питома швидкість окиснення органічних речовин, вік мулу та ін. Системи аерації аеротенків та їх техніко-економічна ефективність.

Тема 2.7. Осади, що утворюються при біологічному очищенні стічних вод.

Надлишковий активний мул. Аеробна стабілізація активного мулу. Анаеробне зброджування органічних осадів і надлишкового активного мулу. Шляхи розв'язання проблеми осадів. Знешкодження осадів стічних вод.

Тема 2.8. Метанове бродіння органічних сполук.

Анаеробні мікроорганізми: гідролітики, кислотоутворювачі, метаногени. Метантенки. Сфера їх застосування. Переваги та недоліки метанового зброджування осадів і надлишкових біомас біологічних очисних споруд. Технологічні умови процесу бродіння. Тепловий режим зброджування. Вихід біогазу, його склад та енергетична цінність.

Тема 2.9. Промислові стічні води.

Характеристика забруднень промислових стічних вод, їх відмінність від господарсько-побутових. Проблеми, пов'язані з надходженням промислових стічних вод на міські очисні споруди. Вимоги до скиду промислових стічних вод в міську систему водовідведення. Ксенобіотики. Мікроорганізми-деструктори природних і синтетичних органічних сполук.

Кометаболізм. Селекція, подвійна селекція, адаптація, іммобілізація мікроорганізмів-деструкторів та їх використання в очищенні стічних вод.

Тема 2.10. Анаеробний гранульований активний мул.

Бактерії гранульованого анаеробного активного мулу. Нарощування та застосування анаеробного гранульованого мулу. UASB-реактори. Інші типи біореакторів з анаеробним гранульованим мулом. Технології анаеробного очищення стічних вод з гранульованим активним мулом.

Тема 2.11. Біотехнологія очищення води від фосфатів.

Фосфоракумулюючі бактерії та способи застосування їх для видалення фосфатів із води. Технології очищення стічних вод від сполук фосфору. Вдосконалення способів та прийомів культивування асоціацій фосфоракумулюючих мікроорганізмів (ФАМ) та способів їх застосування для ефективного видалення із стічних вод сполук Фосфору у новітніх біотехнологіях: Bardenpho, Phoredox, UCT.

Тема 2.12. Біотехнологія очищення води від сполук азоту.

Класичні роботи С.М. Виноградського з хемолітотрофними бактеріями. Дві стадії нітрифікації. Бактерії, що здійснюють цей процес. Денітрифікація. Сучасні вдосконалені біотехнології очищення стічних вод від сполук азоту: A/O; A₂O; UCT; Biotenitro. Анаеробне окиснення амонію «анамтох» - нові біотехнологічні можливості.

Тема 2.13. Біотехнологія очищення природних і стічних вод від іонів заліза та інших важких металів.

Проблема заліза і марганцю у підземних водах України. Залізобактерії та їх застосування в біотехнології підготовки питної води. Способи та прийоми культивування залізобактерій та їх застосування в біотехнології очищення підземних вод від сполук Феруму для питних та технічних потреб. Можливість і ефективність використання вищих водних рослин: ряски; елодеї тощо, для очищення природних вод і доочищення стічних вод від іонів важких металів: Купруму, Цинку, Феруму та ін. Опосередковані можливості біологічного очищення води від іонів важких металів (через біосинтез сірководню). Безпосередні (прямі) біотехнологічні прийоми очищення води від хроматів, сульфатів, хлоратів тощо.

Тема 2.14. Нова технологія біологічного очищення води - біоконвеєр.

Теоретичне підґрунтя біоконвеєра - просторова сукцесія мікроорганізмів в очищенні води від розчинених органічних сполук і трофічний ланцюг гідробіонтів у видаленні з води завислих речовин біологічного походження (клітин мікроорганізмів, гідробіонтів тощо). Прямоточна система біологічного очищення води: анаеробні та аеробні біореактори-зоореактори-фітореактори. Відновлення якості зужитої води - новий перспективний напрямок у біотехнології очищення води. Фізіологічно повноцінна вода як продукт новітньої біотехнології. Відношення до води як до продукту багаторазового споживання.

Розділ 3. Перспективні напрямки біотехнологій очищення води.

Тема 3.1. Перспективи вдосконалення біотехнологій очищення води.

Використання в біотехнологіях очищення води іммобілізованих мікроорганізмів для підвищення ефективності очищення та економії енергоресурсів. Сучасні технології з рухомими носіями MBBR, IFAS, види носіїв, площа активної поверхні, іммобілізована біомаса, рішення щодо вдосконалення аеротенків із зонами носіїв, ефективність технічна та економічна. Використання багатоступеневих технологій біологічного очищення в анаеробних, аноксидних та аеробних умовах для очищення висококонцентрованих стічних вод промислових підприємств. Нові технології глибокого видалення сполук азоту та фосфору та ін. Технології SBR та їх використання для очищення стічних вод об'єктів періодичної та сезонної роботи. Поєднання фізико-хімічних та біологічних методів для ефективного очищення стічних вод промислових

підприємств. Технології знешкодження відходів, які утворюються при очищенні стічних вод, спрямовані на одержання енергоносіїв.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Рекомендована література

Базова:

1. *Обладнання та проектування в біоенергетиці та водоочищенні та управління безпекою праці* / Саблій Л.А., Бунчак О.М., Жукова В.С., Кононцев С.В. // Підручник для студ. ВНЗ спец. «Біотехнології та біоінженерія», реком. Вченою радою КПП ім. Ігоря Сікорського / Під ред. Л.А. Саблій - 2-е вид., перероб. і доп. – Рівне: НУВГП, 2018. - 377 с.
2. Саблій Л.А., Бунчак О.М., Жукова В.С. *Практикум з біотехнологій очищення води : навч. посіб.* – Київ: КПП ім. Ігоря Сікорського, вид-во «Політехніка», 2022. – 108 с.

Допоміжна:

3. *Обладнання та проектування в біоенергетиці та водоочищенні та управління безпекою праці* / Саблій Л.А., Бунчак О.М., Жукова В.С., Россінський В.М. // Підручник для студ. ВНЗ спец. «Біотехнології та біоінженерія» реком. Вченою радою НТУУ «КПІ» / Під ред. Л.А. Саблій – Рівне: НУВГП, 2016. - 356 с.
4. Саблій Л.А. *Фізико-хімічне та біологічне очищення висококонцентрованих стічних вод: Монографія.* - Рівне: НУВГП, 2013. – 292 с.
5. Кононцев С. В., Саблій Л.А., Гроховська Ю.Р. *Екологічна біотехнологія очищення стічних вод та культивування кормових організмів: Монографія.* – Рівне: НУВГП, 2011. – 151 с.
6. Sabliy L., Zhukova V. *Improvement of the technology of local wastewater treatment of the meat plants / Сталій розвиток: захист навкол. середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування: колективна монографія / за ред. проф. Мальованого М.С. - Київ, Яроченко Я.В., 2022, 566 с. – С. 400 -410. ISBN 978-617-7826-23-0*
7. *Лабораторний практикум з біотехнологій очищення води : навч. посіб. / Укладачі: Л. А. Саблій, В. С. Жукова, М. Ю. Козар // Електронне мережне навчальне видання. – Київ, КПП ім. Ігоря Сікорського, 2022, 53 с.*
8. L.A. Sabliy, V.S. Zhukova *Efficient treatment of industrial wastewater using immobilized microorganisms Water Supply and Wastewater Disposal. Designing, Construction, Operation and Monitoring. – Monografie / Edited by Beata Kowalska, Dariusz Kowalski. – Wydawnictwo Politechniki Lubelskiej. – Lublin, 2022. – pp. 248-262. ISBN: 978-83-7947-507-0 <http://bc.pollub.pl/dlibra/publication/14017>*
9. Саблій Л.А., Жукова В.С., Єнішова Л.Д. *Очищення соапстоків підприємств олійно-жирової промисловості фізико-хімічними методами / Проблеми водопостачання, водовідведення та гідраліки. К.: КНУБА, 2022, вип. 39. - С. 53-60. DOI:10.32347/2524-0021.2022.39.53-60*
10. Sablii L., Obodovich O., Sydorenko V., Korenchuk M. *Iron ions removal from wastewater by aquatic plant “Lemna minor” Water Supply and Wastewater Disposal. Designing, Construction, Operation and Monitoring. – Monografie / Edited by Henrik Sobchuk, Beata Kowalska. – Wydawnictwo Politechniki Lubelskiej. – Lublin, 2020. – pp. 280-292. ISBN: 978-83-7947-409-7 www.biblioteka.pollub.pl/wydawnictwa*
11. Саблій Л.А., Жукова В.С. *Технологія очищення стічних вод фармацевтичних підприємств від антибіотиків / Перспективні матеріали та інноваційні технології: Біотехнологія, прикладна хімія та екологія: колективна монографія / за заг. ред. О.Р. Мокроусової, Київ, КНУТД: вид-во «Світ Успіху», 2020, 492 с. Розділ 3.1. – С. 372-384. ISBN 978-617-7324-38-5.*
12. *Treatment of recirculating water of industrial fish farms in phytoreactor with Lemnoideae / S. Konontcev, L. Sabliy, M. Kozar, N. Korenchuk / Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2017. - № 5/10 (89). – С. 61-66.*
13. Саблій Л.А. *Моделювання процесів в біоценозі біореакторів при очищенні висококонцентрованих стічних вод / Вісник Інженерної академії України. – 2012. - № 3-4. - С. 280-283.*

14. Sablii L., Obodovych O., Sydorenko V. Efficiency of physical-chemical treatment of wastewater of the paper and cardboard factory *Journal of the Serbian Chemical Society, Belgrade*, 2024. DOI: <https://doi.org/10.2298/JSC231206014S>
15. Sablii L., Korenchuk M., Kozar M. The influence of nitrate on the phosphate removal from wastewater in activated sludge treatment process / *Biotechnologia acta*, V. 12, No 4, 2019. P. 50-56. <https://doi.org/10.15407/biotech12.04.050>
16. Саблій Л.А., Бойчук С.Д. Очищення стічних вод від органічних речовин в біореакторах з іммобілізованими мікроорганізмами / *Проблеми водопостачання, водовідведення та гідраліки : Наук.-техн зб. Вип. 21/Гол. ред. А.М. Тузай. – К. КНУБА, 2013. – С. 110-114.*
17. L. Sablii, V. Zhukova, and J. Drewnowski (2024) The Strategies of Nutrient Removal Compounds from Wastewater by Using Higher Aquatic Plants in the Green Deal Implementation, *Desalination and Water Treatment*, 100954, ISSN 1944-3986 <https://doi.org/10.1016/j.dwt.2024.100954>
18. Саблій Л.А., Жукова В.С., Гриневич А.О. Оцінка складу мікроорганізмів, іммобілізованих на носіях різних видів / *Проблеми водопостачання, водовідведення та гідраліки: науково-техн. зб. К.: КНУБА, 2024, (48) - С. 57–65.* <https://doi.org/10.32347/2524-0021.2024.48.57-65>
19. Саблій Л.А., Козар М.Ю. Ефективність біологічного видалення сполук фосфору із стічних вод в різних кисневих умовах / *Енергетика: економіка, технології, екологія. Науковий журнал. – К: НТУУ «КПІ», 2013. - № 2 (33). – С. 104-107.*
20. Саблій Л.А. Нові технології біологічного очищення господарсько-побутових і виробничих стічних вод / Л.А. Саблій, Є.В. Кузьмінський, В.С. Жукова, М.Ю. Козар М.Ю. // *Водопостачання та водовідведення: виробн.-практ. журнал. – 2014. - № 3. – С. 24-33.*
21. Sablii L., Korenchuk M. Usage of Lemna minor for malt plant wastewater treatment from ferrum compounds / *Biotechnologia acta*, v. 13, No 1, 2020. – P. 56-63.
22. Sablii L., Zhukova V. Effective technology of pharmaceutical enterprises wastewater local treatment from antibiotics / *Biotechnologia acta*, v. 13, No 3, 2020. – P. 81-88.
23. Sablii L., Zhukova V., Kozar M., Hrynevych A., Jaromin-Gleń K. Comparison of biofilm characteristics of defferent types of carriers for wastewater treatment / *Environmental Problems. Lviv: Lviv Polytechnic National University, Vol. 10, No. 1, 2025. – P. 20-25.* <https://doi.org/10.23939/ep2025.01.020> ISSN: 2414-5955
24. Саблій Л.А., Жукова В.С. Очищення стічних вод від сполук азоту / *Науковий вісник будівництва. - Х.: ХДТУБА ХОТВ АБУ, 2011. - Вип. 63. - С. 431-435.*

Інформаційні ресурси:

25. ДБН В.2.5-75:2013 Каналізація: Проектування зовнішніх мереж та споруд <https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/1-1-0-1045>
26. Правила охорони поверхневих вод <https://zakon.rada.gov.ua/laws/465-99-n#Text>
27. Правила приймання стічних вод до систем централізованого водовідведення <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0056-18#Text>

5.Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Лекційні заняття

Застосовуються стратегії активного і колективного навчання, які визначаються наступними методами і технологіями: методи проблемного навчання (проблемний виклад, частково-пошуковий (евристична бесіда); інформаційно-комунікаційні технології, що забезпечують проблемно-дослідницький характер процесу навчання та активізацію самостійної роботи студентів (електронні презентації для лекційних занять, використання аудіо-, відео-підтримки навчальних занять, розробка і застосування на основі комп'ютерних і мультимедійних засобів творчих завдань, і ін.).

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань	Кількість годин
1	<u>Лекція 1. Вступ. Мета і завдання вивчення дисципліни. Біологічні аномалії води.</u> Вода - зручне середовище існування гідробіонтів. Вода як розчинник органічних і мінеральних речовин. Вода - субстрат, метаболіт, каталізатор біохімічних процесів усього живого. Деякі найбільш відомі та життєво важливі фізичні аномалії води. Фізичні та хімічні властивості води. <i>Література: (1); (2).</i>	2
2	<u>Лекція 2. Взаємовідносини людини та гідросфери.</u> Кількісний та якісний аспекти антропогенного забруднення води. Вплив на водний басейн людини при розширенні її функціональної ролі у біосфері. Продуценти-консументи-деструктори. Згубні наслідки діяльності людини на навколишнє середовище. Ксенобіотики. Автохтонне та аллохтонне забруднення води. Забруднення води стічними водами і його наслідки. <i>Література: (1); (6).</i>	2
3	<u>Лекція 3. Природні та стічні води. Біотехнології очищення води.</u> Природні води. Багатокомпонентний склад природних поверхневих і підземних вод. Стічні води та їх забруднення. Господарсько-побутові та виробничі стічні води, їх забруднення. Біологічне очищення води. Аеробні та анаеробні технології біологічного очищення води і стічних вод. <i>Література: (1); (6).</i>	2
4	<u>Лекція 4. Біологічні процеси у водопідготовці та водовідведенні.</u> Типові схеми підготовки питної води з поверхневих і підземних вод. Сучасні виклики і тенденції. Біологічні процеси в системах підготовки питної води. Схема біологічного очищення міських стічних вод. Проблеми, які виникають при роботі станції біологічного очищення стічних вод та шляхи їх вирішення. <i>Література: (1); (4).</i>	2
5	<u>Лекція 5. Біологічне очищення води.</u> Самоочищення води як основа індустріальної біологічної обробки води. Історія виникнення та розвитку біотехнології очищення води. Основні гідробіоценози, що використовуються в очищенні стічних, поверхневих, підземних і питної вод: біоплівка; активний мул; анаеробні бактерії метантенків; аеробні та анаеробні спеціально адаптовані мікроорганізми-деструктори органічних сполук; анаеробний гранульований активний мул; гідробіонти біоконвеєра. <i>Література: (1); (2).</i>	2
6	<u>Лекція 6. Біологічна плівка.</u>	2

	Організми біоплівки. Очисні споруди, в яких використовується біоплівка: ґрунтові споруди; біофільтри; біодискові фільтри; біобарабани; «ветленди»-мочари. Переваги та недоліки біотехнології очищення води за допомогою біоплівки. Використання носіїв іммобілізованих мікроорганізмів (типу ВІА, йоржів та ін.) і їх біообростання. <i>Література: (1); (4).</i>	
7	<u>Лекція 7. Технології біологічного очищення стічних вод з використанням біологічної плівки.</u> Характеристика мікроорганізмів біоплівки. Біофільтри та їх різновиди, переваги і недоліки. Умови культивування мікроорганізмів біоплівки в біофільтрах різних типів. Види завантажень біофільтрів, переваги та недоліки. Аерація біофільтрів. <i>Література: (1); (4).</i>	2
8	<u>Лекція 8. Активний мул.</u> Гідробіонти активного мулу: мікрофлора та мікрофауна. Сапрозойний та голозойний типи харчування. Проблеми очищення сучасних стічних вод активним мулом. Характерні ознаки спухання. Причини та збудники спухання активного мулу. Методи боротьби з цим негативним явищем. Характеристика мікрофлори та мікрофауни активного мулу. <i>Література: (1); (4).</i>	2
9	<u>Лекція 9. Технології біологічного очищення стічних вод з використанням активного мулу.</u> Технологічні схеми очищення стічних вод з використанням аеротенків. Аеротенки, їх різновиди. Регенератори. Технологічні параметри аеротенків: навантаження на активний мул, ступінь рециркуляції активного мулу, доза активного мулу, окисна потужність, питома швидкість окиснення органічних речовин, вік мулу та ін. Системи аерації аеротенків та їх техніко-економічна ефективність. <i>Література: (1); (4).</i>	2
10	<u>Лекція 10. Осади, що утворюються при біологічному очищенні стічних вод.</u> Надлишковий активний мул. Аеробна стабілізація активного мулу. Анаеробне зброджування органічних осадів і надлишкового активного мулу. Шляхи розв'язання проблеми осадів. Знешкодження осадів стічних вод. <i>Література: (1); (4).</i>	2
11	<u>Лекція 11. Метанове бродіння органічних сполук.</u> Анаеробні мікроорганізми: гідролітики, кислотоутворювачі, метаногени. Метантенки. Сфера їх застосування. Переваги та недоліки метанового зброджування осадів і надлишкових біомас біологічних очисних споруд. Технологічні умови процесу бродіння. Тепловий режим зброджування. Вихід біогазу, його склад та енергетична цінність. <i>Література: (1); (4).</i>	2
12	<u>Лекція 12. Промислові стічні води.</u> Характеристика забруднень промислових стічних вод, їх відмінність від господарсько-побутових. Проблеми, пов'язані з надходженням промислових стічних вод на міські очисні споруди. Вимоги до скиду промислових стічних вод в міську систему водовідведення. Ксенобіотики. Мікроорганізми-деструктори природних і синтетичних органічних сполук. Кометаболізм. Селекція, подвійна селекція, адаптація, іммобілізація мікроорганізмів-деструкторів та їх використання в очищенні стічних вод. <i>Література: (1); (4).</i>	2
13	<u>Лекція 13. Анаеробний гранульований активний мул.</u>	2

	Бактерії гранульованого анаеробного активного мулу. Нарощування та застосування анаеробного гранульованого мулу. UASB-реактори. Інші типи біореакторів з анаеробним гранульованим мулом. Технології анаеробного очищення стічних вод з гранульованим активним мулом. <i>Література: (1); (3).</i>	
14	<u>Лекція 14. Біотехнологія очищення води від фосфатів.</u> Фосфоракумулюючі бактерії та способи застосування їх для видалення фосфатів із води. Технології очищення стічних вод від сполук фосфору. Вдосконалення способів та прийомів культивування асоціацій фосфоракумулюючих мікроорганізмів (ФАМ) та способів їх застосування для ефективного видалення із стічних вод сполук Фосфору у новітніх біотехнологіях: Bardenpho, Phoredox, UCT. <i>Література: (1); (4).</i>	2
15	<u>Лекція 15. Біотехнологія очищення води від сполук азоту.</u> Класичні роботи С.М. Виноградського з хемолітотрофними бактеріями. Дві стадії нітрифікації. Бактерії, що здійснюють цей процес. Денітрифікація. Сучасні вдосконалені біотехнології очищення стічних вод від сполук азоту: A/O; A2O; UCT; Biotenitro. Анаеробне окиснення амонію «анаммох» - нові біотехнологічні можливості. <i>Література: (1); (4).</i>	2
16	<u>Лекція 16. Біотехнологія очищення природних і стічних вод від іонів заліза та інших важких металів. Технології збагачення мінеральної сировини.</u> Проблема заліза і марганцю у підземних водах України. Залізобактерії та їх застосування в біотехнології підготовки питної води. Способи та прийоми культивування залізобактерій та їх застосування в біотехнології очищення підземних вод від сполук Феруму для питних та технічних потреб. Можливість і ефективність використання вищих водних рослин: ряски; елодеї тощо, для очищення природних вод і доочищення стічних вод від іонів важких металів: Купруму, Цинку, Феруму та ін. Опосередковані можливості біологічного очищення води від іонів важких металів (через біосинтез сірководню). Безпосередні (прямі) біотехнологічні прийоми очищення води від хроматів, сульфатів, хлоратів тощо. <i>Література: (1); (6).</i>	2
17	<u>Лекція 17. Нова технологія біологічного очищення води - біоконвеєр.</u> Теоретичне підґрунтя біоконвеєра - просторова сукцесія мікроорганізмів в очищенні води від розчинених органічних сполук і трофічний ланцюг гідробіонтів у звільненні води від завислих речовин біологічного походження (клітин мікроорганізмів, гідробіонтів тощо). Прямоточна система біологічного очищення води: анаеробні та аеробні біореактори-зоореактори-фітореактори. Відновлення якості зужитої води - новий перспективний напрямок у біотехнології очищення води. Фізіологічно повноцінна вода як продукт новітньої біотехнології. Відношення до води як до продукту багаторазового споживання. <i>Література: (1); (6).</i>	2
18	<u>Лекція 18. Перспективні напрямки біотехнологій очищення води.</u> Перспективи вдосконалення біотехнологій очищення води. Використання іммобілізованих мікроорганізмів для підвищення ефективності очищення води та економії енергоресурсів. Сучасні технології з рухомими носіями MBBR, IFAS, види носіїв, площа активної поверхні, іммобілізована біомаса, рішення щодо вдосконалення аеротенків із зонами носіїв, ефективність технічна та	2

	економічна. Багатоступеневі технології з анаеробними, аноксидними та аеробними умовами для очищення висококонцентрованих стічних вод промислових підприємств. Нові технології глибокого видалення сполук азоту й фосфору. Технології SBR та їх використання для очищення стічних вод об'єктів періодичної та сезонної роботи. Поєднання фізико-хімічних та біологічних методів для ефективного очищення стічних вод промислових підприємств. Технології знешкодження відходів, які утворюються при очищенні стічних вод, спрямовані на одержання енергоносіїв. <i>Література: (1); (4).</i>	
--	--	--

Практичні заняття

Основними завданнями циклу практичних занять з дисципліни «Біотехнології очищення води» є формування у студентів вміння розв'язувати прикладні завдання, виконувати розрахунки очисних споруд для біологічного очищення стічних вод, вибирати типові проєкти та конструкторські рішення, працювати з нормативними, довідковими джерелами, проєктною та конструкторською документацією.

Застосовуються стратегії активного і колективного навчання, які визначаються наступними методами і технологіями: особистісно-орієнтовані (розвиваючі) технології, засновані на активних формах і методах навчання («мозковий штурм», дискусія, експрес-конференція, навчальні дебати, застосування на основі комп'ютерних і мультимедійних засобів творчих завдань).

№ з/п	Назва теми заняття	Кількість годин
1	Визначення розрахункових витрат і концентрацій забруднювачів стічних вод. Розрахунок необхідного ступеня очищення стічних вод перед їх скиданням у природну водойму. <i>Література: (2); (3).</i>	2
2	Розрахунок первинних відстійників і підбір типових конструкцій. <i>Література: (2); (3).</i>	2
3	Розрахунок аеротенків з регенерацією активного мулу і підбір типових конструкцій. <i>Література: (2); (3).</i>	2
4	Розрахунок аерофільтрів і підбір типових конструкцій. Розрахунок вторинних відстійників і підбір типових конструкцій. <i>Література: (2); (3).</i>	2
5	Розрахунок вторинних відстійників і підбір типових конструкцій. <i>Література: (2); (3).</i>	2
6	Розрахунок витрат осадів і надлишкового активного мулу при очищенні стічних вод. <i>Література: (2); (3).</i>	2
7	Розрахунки метантенків і газгольдерів та підбір типових конструкцій. Захист ДКР. <i>Література: (2); (3).</i>	2
8	Розрахунок аеробних стабілізаторів осаду і підбір типових конструкцій. Захист ДКР. <i>Література: (2); (3).</i>	2
9	Вибір технології біологічного очищення міських стічних вод.	2

Лабораторні заняття

Основні завдання циклу лабораторних занять:

- оволодіння методиками аналізу складу води;
- вміння проводити хімічний та біохімічний експеримент за заданою інструкцією та відповідним завданням, проводити аналітичний експеримент;
- вміння працювати з лабораторним обладнанням, реактивами, посудом тощо.

№ з/п	Назва лабораторної роботи (комп'ютерного практикуму)	Кількість годин
1	Визначення фізичних властивостей води. <i>Література: (7); (3).</i>	2
2	Визначення твердості, кислотності та лужності води. <i>Література: (7); (3).</i>	2
3	Перманганатна та біхроматна окиснюваність. Хімічне споживання кисню (ХСК). <i>Література: (7); (3).</i>	2
4	Дослідження активного мулу. <i>Література: (7); (3).</i>	2
5	Визначення розчиненого кисню за Вінклером. <i>Література: (7); (3).</i>	2
6	Визначення біохімічного споживання кисню (БСК). <i>Література: (7); (3).</i>	4
7	Визначення фосфатів. <i>Література: (7); (3).</i>	2
8	Визначення сполук азоту. <i>Література: (7); (3).</i>	2

6. Самостійна робота студента

Самостійна робота студента по дисципліні включає підготовку до аудиторних занять (30 годин), модульної контрольної роботи (2 години), підготовку до заліку (6 годин), виконання ДКР (10 годин).

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Політика щодо дедлайнів та перескладання: Роботи, які здаються із порушенням термінів без поважних причин, оцінюються на нижчу оцінку. Перескладання тем (модулів) відбувається за наявності поважних причин.

Політика та принципи академічної доброчесності визначені у розділі 3 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Детальніше: <https://kpi.ua/code>. Використання додаткових джерел інформації під час оцінювання знань заборонено (у т.ч. мобільних девайсів). Мобільні пристрої дозволяється використовувати лише під час он-лайн тестування та виконання розрахунків.

Не можна використовувати і наводити у списку використаної літератури російські джерела (при виконанні індивідуальних самостійних завдань (ДКР) тощо).

У разі виявлення академічної недоброчесності під час виконання модульної контрольної роботи – результати контрольного заходу не враховуються. МКР в такому разі не переписується.

У разі виявлення академічної недобросовісності під час виконання залікової роботи студент усувається із заліку і може повторити спробу здачі семестрового контролю на 1 чи 2 перездачі.

У разі виявлення академічної недобросовісності під час виконання ДКР (плагіат абощо) завдання студенту не буде зараховано. Повторне виконання індивідуального завдання можливе тільки за іншим варіантом.

Норми етичної поведінки: Норми етичної поведінки студентів і працівників визначено у розділі 2 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Детальніше: <https://kpi.ua/code>.

Політика щодо відвідування: Відвідування лекцій, практичних занять, а також відсутність на них, не оцінюється. Однак, студентам рекомендується відвідувати заняття, оскільки на них викладається теоретичний матеріал та розвиваються навички, необхідні для розширення компетентностей, визначених стандартом освіти в напрямку біотехнологій очищення води. Система оцінювання орієнтована на отримання балів за активність студента, а також виконання завдань, які здатні розвинути практичні уміння та навички. За об'єктивних причин (наприклад, хвороба, працевлаштування, міжнародне стажування тощо) навчання може відбутися в он-лайн формі за погодженням із керівником курсу.

8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

Поточний контроль: виконання завдання на практичному занятті (27 балів), МКР (15 балів), виконання лабораторних робіт (24 балів), ДКР (34 балів). Загальна сума балів за семестрову роботу – 100 балів. Докладніша інформація щодо поточного контролю та критеріїв оцінювання наведена в PCO з дисципліни (додаток 2).

Календарний контроль: проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.

Семестровий контроль: 2 атестації (1 – 40 балів максимум, 24 бали – атестовано; 2 – 60 балів максимум, 36 балів - атестовано) і залік. Загальна сума балів на заліку – 100 балів. Докладніша інформація щодо проведення та оцінювання наведена в PCO з дисципліни (додаток 2).

Умови допуску до семестрового контролю: зарахування усіх лабораторних, практичних робіт, ДКР, написання МКР та семестровий рейтинг $R_c > 40$. Студенти, які набрали більше 60 балів можуть отримати залік «автоматом». Студенти, які бажають підвищити оцінку здають залік. При цьому попередня оцінка анулюється.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Кількість балів	Оцінка
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено доктором технічних наук, професором Саблій Ларисою Андріївною.

Ухвалено кафедрою біоенергетики, біоінформатики та екобіотехнології (протокол № 19 від 27.06.25 р.).

Погоджено методичною комісією факультету (протокол № 6 від 30.06.25 р.).

Оновлено та погоджено методичною комісією ФБТ (протокол №1 від 10.10.25 р.).

Завдання на модульну контрольну роботу

1. Питання на МКР

1. Вода як розчинник органічних і мінеральних речовин.
2. Вода як субстрат, метаболіт, каталізатор біохімічних процесів.
3. Наведіть деякі найбільш відомі та життєво важливі фізичні аномалії води.
4. Біологічний синтез молекул води.
5. Біодеструкція води.
6. Забруднення води біотою.
7. Біологічне очищення води.
8. Кількісний та якісний аспекти антропогенного забруднення води.
9. Вплив на водний басейн людини при розширенні її функціональної ролі у Біосфері.
10. Згубні наслідки впливу людини на довкілля.
11. Ксенобіотики.
12. Автохтонне та аллохтонне забруднення води.
13. Типова схема підготовки питної води з поверхневих вод.
14. Біологічні процеси в системах підготовки питної води та в каналізаційних мережах.
15. Самоочищення води як основа індустриальної біологічної обробки води.
16. Історія виникнення та розвитку біотехнології очищення води.
17. Біоплівка. Переваги та недоліки біотехнології очищення води за допомогою біоплівки.
18. Активний мул. Гідробіонти активного мулу: мікрофлора та мікрофауна. Аеротенки, їх різновиди.
19. Окситенки.
20. Проблеми очищення сучасних стічних вод активним мулом.
21. Мікроорганізми-декстректори природних і синтетичних органічних сполук та їх використання в очищенні стічних вод.
22. Анаеробний гранульований активний мул.
23. UASB-реактори. Інші типи біореакторів з анаеробним гранульованим мулом.
24. Біоконвеєр. Теоретичне підґрунтя біоконвеєру.
25. Прямоточна система біологічного очищення води: анаеробні та аеробні біореактори-зоореактори-фітореактори.

2. Задачі на МКР

№ 1

Визначити розрахункові витрати стічних вод міста і промислового підприємства, якщо сумарна середньодобова витрата становить $11500 \text{ м}^3/\text{добу}$.

№ 2

Визначити концентрації забруднень в господарсько-побутових стічних водах, витрата яких складає 47200 для міста з кількістю жителів 179400 чол.

№ 3

Визначити концентрації забруднень в господарсько-побутових стічних водах, витрата яких складає 63100 для міста з кількістю жителів 231400 чол.

№ 4

Визначити коефіцієнт змішування стічних вод з річковою водою біля розрахункового створу. За даними гідрометеорологічної служби середньомісячна витрата води в річці при 95% забезпеченості у розрахунковому створі складає $Q = 11 \text{ м}^3/\text{с}$. На ділянці річки від місця випуску стічних вод до розрахункового створу середня швидкість руху дорівнює $0,62 \text{ м/с}$ при глибині $H_{\text{ср}} = 2,2 \text{ м}$. Звивистість на ділянці характеризується коефіцієнтом $\varphi = 1,2$. Випуск в річку стічних

вод здійснюється з середньою витратою $280 \text{ дм}^3/\text{с}$. Відстань від місця випуску стічних вод до розрахункового створу по фарватеру складає $1,1 \text{ км}$.

№ 5

Визначити коефіцієнт змішування стічних вод з річковою водою біля розрахункового створу. За даними гідрометеорологічної служби середньомісячна витрата води в річці при 95% забезпеченості у розрахунковому створі складає $Q = 9 \text{ м}^3/\text{с}$. На ділянці річки від місця випуску стічних вод до розрахункового створу середня швидкість руху дорівнює $0,62 \text{ м/с}$ при глибині $H_{\text{ср}} = 2,4 \text{ м}$. Звивистість на ділянці характеризується коефіцієнтом $\varphi = 1,2$. Випуск в річку стічних вод здійснюється з середньою витратою $360 \text{ дм}^3/\text{с}$. Відстань від місця випуску стічних вод до розрахункового створу по фарватеру складає $1,2 \text{ км}$.

№ 6

Визначити гранично-допустиму концентрацію завислих речовин в очищеній стічній воді, яка з середньою витратою $410 \text{ дм}^3/\text{с}$ скидається в річку з витратою $Q = 13 \text{ м}^3/\text{с}$. Річка відноситься до водойм господарсько-питного водокористування (норма перевищення концентрації ЗР - $0,25 \text{ мг/дм}^3$). Концентрація завислих речовин в річці до випуску стічних вод $C_{\text{ф}} = 10 \text{ мг/дм}^3$. Коефіцієнт змішування $\gamma = 0,75$. Зробити висновок про достатність повного біологічного очищення СВ і заходи у разі недостатності.

№ 7

Визначити гранично-допустиму величину органічних забруднень в очищеній стічній воді за БСК_{повн} і за розчиненим киснем. Очищена СВ з середньою витратою $340 \text{ дм}^3/\text{с}$ скидається у річку з витратою $Q = 13 \text{ м}^3/\text{с}$. Річка відноситься до водойм господарсько-питного водокористування (норма БСК_{повн} – не більше 3 мг/дм^3). Величина БСК_{повн} у воді річки до випуску стічних вод $C_{\text{БСК}}^{\text{ф}} = 2,5 \text{ мг} / \text{дм}^3$. Суміш річкової води та стічних вод має температуру 20°C . Концентрація розчиненого кисню у воді річки до місця випуску стічних вод $O_{\text{ф}} = 6 \text{ мг/дм}^3$ (норма вмісту розчиненого кисню у воді водойми – не менше 4 мг/дм^3). Відстань по фарватеру річки до розрахункового створу $L = 1,9 \text{ км}$, середня швидкість руху води в річці на цій ділянці $V_{\text{ср}} = 0,62 \text{ м/с}$. Коефіцієнт змішування $\gamma = 0,8$. Зробити висновок про достатність повного біологічного очищення СВ і заходи у разі недостатності.

№ 8

Розрахувати первинні горизонтальні відстійники для очисної станції продуктивністю $Q_{\text{сер.доб.}} = 52400 \text{ м}^3/\text{доб.}$. Концентрація завислих речовин у воді 224 мг/дм^3 . Температура стічних вод 20°C .

№9

Розрахувати первинні радіальні відстійники для очисної станції продуктивністю $Q_{\text{сер.доб.}} = 77100 \text{ м}^3/\text{доб.}$. Концентрація завислих речовин у воді 266 мг/дм^3 . Температура стічних вод 20°C .

№ 10

Розрахувати об'єм і розміри аеротенків-витиснювачів для очисної станції продуктивністю $Q_{\text{сер.доб.}} = 56000 \text{ м}^3/\text{доб.}$. Показник БСК_{повн} стічних вод на вході в аеротенк 275 мг/дм^3 . Середньорічна температура стічних вод 22°C .

№ 11

Розрахувати тривалість аерації, регенерації та окиснення для аеротенків-витиснювачів очисної станції продуктивністю $Q_{\text{сер.доб.}} = 76200 \text{ м}^3/\text{доб.}$. Показник БСК_{повн} стічних вод на вході в аеротенк 220 мг/дм^3 . Середньорічна температура стічних вод 22°C .

№ 12

Розрахувати навантаження на АМ для аеротенків-витиснювачів очисної станції продуктивністю $Q_{\text{сер.доб.}} = 37500 \text{ м}^3/\text{доб.}$. Показник БСК_{повн} стічних вод на вході в аеротенк 240 мг/дм^3 . Середньорічна температура стічних вод 22°C .

№ 13

Розрахувати високонавантажений біофільтр для очисної станції продуктивністю $Q_{\text{сер.доб.}} = 36200 \text{ м}^3/\text{добу.}$ Показник БСК_{повн} стічних вод на вході в біофільтр 210 , очищеної води $C_{\text{сум.БСК}}^{\text{к}} = 20 \text{ мг} / \text{дм}^3$. Середньозимова температура стічних вод 12°C .

№ 14

Розрахувати високонавантажені біофільтри для очисної станції продуктивністю $Q_{\text{сер.доб.}} = 9100 \text{ м}^3/\text{добу}$. Показник БСК_{повн} стічних вод на вході в біофільтр 360 мг/дм^3 , очищеної води $C_{\text{сум.БСК}}^k = 25 \text{ мг/дм}^3$. Середньозимова температура стічних вод 8°C .

№ 15

Для високонавантаженого біофільтра діаметром 12 м розрахувати реактивний зрошувач, якщо середня витрата стічних вод $120 \text{ дм}^3/\text{с}$. Кількість біофільтрів – 2.

№ 16

Для високонавантаженого біофільтра діаметром 27 м розрахувати реактивний зрошувач, якщо середня витрата стічних вод $290 \text{ дм}^3/\text{с}$. Кількість біофільтрів – 3.

№ 17

Розрахувати вторинні горизонтальні відстійники після аеротенків на повне очищення. Доза активного мулу в аеротенках 3 г/дм^3 , фактичний муловий індекс $J_m^\phi = 80 \text{ см}^3/\text{г}$, витрата стічних вод $63200 \text{ м}^3/\text{добу}$. Винесення завислих речовин з очищеною стічною водою на виході з вторинних відстійників $a_t = 15 \text{ мг/дм}^3$.

№ 18

Розрахувати вторинні радіальні відстійники після аеротенків на повне очищення. Доза активного мулу в аеротенках $2,5 \text{ г/дм}^3$, фактичний муловий індекс $J_m^\phi = 80 \text{ см}^3/\text{г}$, витрата стічних вод $84100 \text{ м}^3/\text{добу}$. Винесення завислих речовин з очищеною стічною водою на виході з вторинних відстійників $a_t = 15 \text{ мг/дм}^3$.

№ 19

Розрахувати вторинні відстійники і вибрати їх тип після біофільтрів на повне очищення. Витрата стічних вод $24800 \text{ м}^3/\text{добу}$.

Додаток 2

Рейтингова система оцінювання результатів навчання

Рейтинг студента складається з балів, що він отримує за:

- 1) виконання та захист 8 лабораторних робіт;
- 2) 1 модульну контрольну роботу;
- 3) виконання завдань на 7 практичних заняттях;
- 4) виконання та захист ДКР.

Система рейтингових (вагових) балів занять і рейтингових оцінок за видами контролю

№ з/П	Вид контролю	Бал	Кількість	Сума балів
1	Лабораторні заняття			
	- ваговий бал Γ_k	3	8	24
	- допуск	0,5		
	- обробка результатів і захист*	0-2,5		
2	Модульна контрольна робота			
	- ваговий бал Γ_k	1 5	1	1 5

	- якість виконання**	0-15		
3	Завдання на практичному занятті	3	9	27
	- якість виконання***	0-3		
4	ДКР	34	1	34
	- якість виконання****	0-29		
	-захист*****	0-5		
	Всього			100

* - Обробка результатів і захист (захист включає знання з лекційного матеріалу за темою):

правильно оформлена робота з повним висновком - 0,5 бали;

повна відповідь на експрес-контроль - 1,5-2 бали;

неповна відповідь - 1-1,4 бали;

незадовільна відповідь - менше 1 балів.

** - Якість виконання контрольної роботи: повна розкрита відповідь - 13 - 15 балів;

помилка в одному завданні або неповна відповідь в двох завданнях - 11 - 12 балів;

помилка в одному завданні або неповна відповідь на усі завдання - 9 - 10 балів;

помилка в двох завданнях - 7 - 8 балів;

робота не зарахована - менше 7 балів.

*** - Виконання завдання на практичному занятті:

- повністю виконаний розрахунок - 3 бали;

- не повністю виконане завдання - 2 бали;

- робота не зарахована - 0 балів.

**** - Виконання ДКР:

- повністю виконана робота - 25 - 29 балів;

- не повністю виконана робота - 20 - 24 балів;

- суттєві помилки у роботі - 17 - 19 балів;

- робота не зарахована - менше 16 балів.

***** - Оцінювання захисту ДКР:

- повна розкрита відповідь на всі поставлені запитання – 4 - 5 балів;

- неповні відповіді на деякі запитання - 2 - 3 бали;

- неповні відповіді на запитання - 1 – 1,5 балів;

- відповіді на більшість із запитань – не зараховано.

Штрафні бали

№ з/п		Бал
1	Неготовність до лабораторних занять	0,5
2	Несвоєчасні здача виконаного завдання з практичного заняття або захист лабораторних робіт (без поважної причини)	-2
3	Відсутність спецодягу на лабораторному занятті	-1
4	Порушення дисципліни на заняттях	-1

Розрахунок шкали (R) рейтингу

Сума вагових балів контрольних заходів протягом семестру складає:

$$R_c = 24 + 15 + 27 + 34 = 100 \text{ балів}$$

Форма атестації передбачена у вигляді заліку, тому рейтингова шкала з дисципліни складає:

$$R_c = 100 \text{ балів.}$$

Необхідною умовою допуску до семестрової атестації є зарахування усіх лабораторних і практичних робіт, написання МКР, виконання і захист ДКР та семестровий рейтинг $R_c > 40$.

Студенти, які набрали більше 40 балів, виконують залікову контрольну роботу, при цьому набрані протягом семестру бали анулюються.

Залікова контрольна робота являє собою відповідь на білет, який містить 4 теоретичні питання. Відповідь на кожне питання оцінюється 0-25 балів.

Критерії оцінювання відповіді на питання:

- повна розгорнута відповідь на питання – 24-25 балів;
- правильна, але неповна відповідь – 21-23 бали;
- відповідь з несуттєвими помилками - 19-20 балів;
- відповідь з грубими помилками - 15 балів;
- неправильна відповідь або відсутність відповіді (робота не зарахована) відсутність відповіді на два запитання – 0 балів.

Загальний рейтинг

Рейтинг	Традиційна оцінка
$95 < R < 100$	відмінно
$85 < R < 94$	дуже добре
$75 \leq R < 84$	добре
$65 \leq R < 74$	задовільно
$60 < R < 64$	достатньо
$R < 60$	незадовільно

Додаток 3

Питання до заліку з дисципліни «Біотехнології очищення води»

1. Стічні води. Класифікація стічних вод.
2. Фізико-хімічний склад та класифікація забруднень стічних вод.
3. Вплив забруднень стічних вод на біологічні процеси в аеротенках і біофільтрах.
4. Основні показники забруднень стічних вод і їх характеристика.
5. Показники ХСК і БСК, їх значення для оцінки забрудненості стічних вод та можливості біологічного очищення.
6. Визначення концентрацій забруднень міських стічних вод.
7. Сумісне очищення господарсько-фекальних і виробничих стічних вод на станціях біологічного очищення, проблеми і умови використання.
8. Самоочищення води у водних об'єктах.
9. Розрахунок необхідного ступеня очищення стічних вод при їх скиданні у поверхневі водойми.
10. Методи очистки стічних вод і їх загальна характеристика.
11. Проблеми видалення із стічних вод сполук азоту та фосфору і можливі шляхи їх вирішення.
12. Методи обробки осадів стічних вод і їх загальна характеристика. Техніко-економічна оцінка методів.
13. Проблеми і можливості утилізації осадів стічних вод.
14. Технологічні схеми очисних споруд. Біологічне очищення стічних вод в природних умовах, технологічна схема, умови застосування.
15. Типи споруд для біологічного очищення стічних вод у природних умовах. Характеристика біоценозу мікроорганізмів.
16. Технологічна схема очистки малих об'ємів стічних вод з використанням аеротенків.
17. Технологічна схема очистки малих об'ємів стічних вод з використанням біофільтрів.
18. Технологічна схема біологічного очищення стічних вод в аеротенках.
19. Аеротенки. Типи аеротенків.

20. Конструкції аеротенків.
21. Біохімічні процеси, що відбуваються в аеротенках при очищенні стічних вод.
22. Активний мул аеротенків. Характеристика активного мулу.
23. Склад біоценозу активного мулу. Роль окремих видів мікроорганізмів в активному мулі.
24. Вплив різноманітних чинників: концентрації органічних забруднень, біогенних елементів, розчиненого кисню, активного мулу, рН, температури та ін.; на процес біологічного очищення стічних вод.
25. Вплив токсичних речовин на біохімічні процеси в аеротенках.
26. Характеристика технологічних показників аеротенків, їх визначення, розрахунок.
27. Аеротенки-змішувачі і аеротенки-витиснювачі. Умови застосування.
28. Схема біологічного очищення стічних вод в аеротенках без регенерації.
29. Схема біологічного очищення стічних вод в аеротенках з регенерацією. Регенерація активного мулу, призначення, умови застосування.
30. Система аерації стічних вод в аеротенках. Класифікація систем аерації, умови використання.
31. Типи аераторів та їх розташування в аеротенку. Умови використання.
32. Конструкція системи аерації аеротенків. Вимоги до систем аерації.
33. Конструкції аеротенків-витиснювачів. Розрахунок необхідних розмірів. Влаштування регенератора.
34. Конструкції аеротенків-змішувачів. Розрахунок необхідних розмірів. Влаштування регенератора.
35. Конструктивні та технологічні особливості циркуляційних окислювальних каналів. Умови їх застосування.
36. Розрахунок аеротенків без регенерації.
37. Розрахунок аеротенків з регенерацією. Визначення приросту мулу в аеротенках.
38. Розрахунок витрати повітря, необхідного для очищення стічних вод в аеротенках.
39. Біофільтри, принцип роботи та класифікація.
40. Конструкція біофільтра.
41. Біохімічні процеси, що відбуваються в біологічному фільтрі.
42. Біологічна плівка біофільтрів. Характеристика біоплівки по висоті біофільтра.
43. Видовий склад біоценозу біологічної плівки. Роль окремих видів гідробіонтів в біоплівці.
44. Краплинні біофільтри. Умови застосування.
45. Конструкція краплинних біофільтрів. Технологічні характеристики. Недоліки їх роботи.
46. Високонавантажувальні біофільтри. Умови застосування. Переваги у порівнянні з краплинними біофільтрами.
47. Конструкція високонавантажуваних біофільтрів. Технологічні характеристики.
48. Розрахунок високонавантажувальних біофільтрів.
49. Дискові біофільтри. Умови застосування. Конструкція. Особливості біологічного процесу очищення стічних вод. Переваги і недоліки.
50. Барабанні біофільтри. Умови застосування. Конструкція. Особливості біологічного процесу очищення стічних вод. Переваги і недоліки.
51. Вторинні відстійники, призначення. Класифікація вторинних відстійників, конструкція.
52. Розрахунок вторинних відстійників.
53. Методи і споруди для біологічного доочищення стічних вод.
54. Біологічні ставки. Типи біоставків. Умови використання. Характеристика біоценозу біоставків.
55. Доочищення стічних вод від сполук азоту і фосфору. Технологічні схеми нітрифікації-денітрифікації, умови використання та техніко-економічна оцінка.
56. Осади стічних вод. Види осадів, що утворюються на станціях біологічного очищення стічних вод.
57. Характеристика кількості, складу і властивостей осадів (сирого осаду, надлишкового активного мулу, біологічної плівки).
58. Технологічні схеми обробки осадів та вибір раціональної. Техніко-економічна оцінка.
59. Стабілізація осадів, призначення. Аеробна стабілізація осаду.

60. Біохімічні процеси, що відбуваються в аеробному стабілізаторі і їх характеристика.
61. Анаеробна стабілізація осадів.
62. Біохімічні процеси, що відбуваються при метановому зброджуванні осадів стічних вод. Характеристика стадій.
63. Технологічні параметри процесу метанового зброджування (температура, інтенсивність перемішування, доза завантаження та ін.), їх характеристика.
64. Метантенки. Конструкція. Призначення.
65. Технологічні трубопроводи, обладнання метантенків.
66. Септичний мул метантенків. Характеристика біоценозу.
67. Роль окремих видів мікроорганізмів у анаеробному зброджуванні осадів.
68. Розрахунок метантенків.
69. Визначення кількості утвореного в метантенках біогазу та можливості його використання.
70. Кондиціювання осадів: промивання, ущільнення, реагентна обробка, механічне зневоднення, високотемпературна обробка та ін. Техніко-економічна оцінка, умови застосування.

Додаток 4

Приклади варіантів завдань на ДКР

Варіант 1.

Завдання на ДКР

з дисципліни «Біотехнології очищення води»

студенту _____

1. Вибрати технологію біологічного очищення стічних вод міста та промислового підприємства – шкіряного заводу. Розрахувати аерофільтри і підібрати типові за таких вихідних даних: середньодобова витрата міських стічних вод 15000 м³/добу, виробничих СВ – 460 м³/добу; норма водовідведення 260 дм³/(чол.·добу); середньомісячна температура стічних вод за літній період 20 °С. Показники забруднень стічних вод прийняти, згідно норм на 1 мешканця, за ДБН. Показники біологічно очищеної стічної води прийняти за завислими речовинами - 15 мг/дм³, БСК_{повн} – 15 мг/дм³, очищеної стічної води в місці скиду у річку, згідно ГДС. Стічні води попередньо пройшли механічне очищення в спорудах: решітках, пісковловлювачах та первинних відстійниках.
2. Накреслити схему технології очищення стічних вод і переробки осадів.

Викладач _____

Варіант 2.

Завдання на ДКР

з дисципліни «Біотехнології очищення води»

студенту _____

1. Вибрати технологію біологічного очищення стічних вод міста та промислового підприємства - пивзаводу. Розрахувати аеротенки і підібрати типові за таких вихідних даних: середньодобова витрата міських стічних вод 35000 м³/добу, виробничих СВ – 1500 м³/добу; норма водовідведення 260 дм³/(чол.·добу); середньомісячна температура стічних вод за літній період 20 °С. Показники забруднень стічних вод прийняти, згідно норм на 1 мешканця, за ДБН. Показники біологічно очищеної стічної води прийняти за

завислими речовинами - 15 мг/дм^3 , БСК_{повн} – 15 мг/дм^3 , очищеної стічної води в місці скиду у річку, згідно ГДС. Стічні води попередньо пройшли механічне очищення в спорудах: решітках, пісковловлювачах та первинних відстійниках.

2. Накреслити схему технології очищення стічних вод і переробки осадів.

Викладач _____

Варіант 3.

Завдання на ДКР

з дисципліни «Біотехнології очищення води»

студенту _____

1. Вибрати технологію біологічного очищення стічних вод міста та промислового підприємства – нафтопереробного заводу. Розрахувати аеробні стабілізатори для переробки осадів і підібрати типові за таких вихідних даних: середньодобова витрата міських стічних вод $35000 \text{ м}^3/\text{добу}$, виробничих СВ – $4400 \text{ м}^3/\text{добу}$; норма водовідведення $260 \text{ дм}^3/(\text{чол.} \cdot \text{добу})$; середньомісячна температура стічних вод за літній період 20°C . Показники забруднень стічних вод прийняти, згідно норм на 1 мешканця, за ДБН. Показники біологічно очищеної стічної води прийняти за завислими речовинами - 15 мг/дм^3 , БСК_{повн} – 15 мг/дм^3 , очищеної стічної води в місці скиду у річку, згідно ГДС.
2. Накреслити схему технології очищення стічних вод і переробки осадів.

Викладач _____

Варіант 4.

Завдання на ДКР

з дисципліни «Біотехнології очищення води»

студентці _____

1. Вибрати технологію біологічного очищення стічних вод міста та промислового підприємства – дріжджового заводу. Розрахувати метантенки для переробки осадів і підібрати типові за таких вихідних даних: середньодобова витрата міських стічних вод $90000 \text{ м}^3/\text{добу}$, виробничих СВ – $4100 \text{ м}^3/\text{добу}$; норма водовідведення $260 \text{ дм}^3/(\text{чол.} \cdot \text{добу})$; середньомісячна температура стічних вод за літній період 20°C . Показники забруднень стічних вод прийняти, згідно норм на 1 мешканця, за ДБН. Показники біологічно очищеної стічної води прийняти за завислими речовинами - 15 мг/дм^3 , БСК_{повн} – 15 мг/дм^3 , очищеної стічної води в місці скиду у річку, згідно ГДС.
2. Накреслити схему технології очищення стічних вод і переробки осадів.

Викладач _____

Варіант 5.

Завдання на ДКР

з дисципліни «Біотехнології очищення води»

студентці _____

1. Вибрати технологію біологічного очищення стічних вод міста та промислового підприємства – молокопереробного заводу. Розрахувати анаеробні біореактори для очищення стічних вод заводу, вибрати їх тип та конструкцію за таких вихідних даних: середньодобова витрата виробничих стічних вод $3500 \text{ м}^3/\text{добу}$; коефіцієнт годинної нерівномірності водовідведення $K=2,1$; середньомісячна температура стічних вод за літній період 28°C . Середньодобова витрата міських стічних вод $48000 \text{ м}^3/\text{добу}$; норма водовідведення $260 \text{ дм}^3/(\text{чол.} \cdot \text{добу})$; середньомісячна температура стічних вод за літній період 20°C . Показники біологічно очищеної стічної води прийняти за завислими речовинами - 20 мг/дм^3 , $\text{БСК}_{\text{повн}} - 10 \text{ мг/дм}^3$, очищеної стічної води в місці скиду у річку, згідно ГДС.
2. Накреслити схеми технологій очищення стічних вод міста і підприємства та переробки осадів.

Викладач _____