



«СУЧАСНІ МЕТОДИ І ТЕХНОЛОГІЇ ВОДООЧИЩЕННЯ» Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Третій (освітньо-науковий)</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, заочна</i>
Рік підготовки, семестр	<i>2 курс, осінній семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>5 кредитів ЕКТС</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Іспит/МКР</i>
Розклад занять	<i>Лекції: 1 год./тиждень; практичні заняття: 1 год./тиждень згідно розкладу</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: доктор техн. наук, професор Саблій Лариса Андріївна larisasabliy@ukr.net; 099-281-09-91 (Телеграм) Практичні: доктор техн. наук, професор Саблій Лариса Андріївна</i>
Розміщення курсу	<i>Google classroom. Код курсу mkfsemu</i>

Програма навчальної дисципліни

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

Актуальність дисципліни «Сучасні методи і технології водоочищення» полягає у можливості одержання якісної очищеної води в результаті послідовного використання ефективних та економічно вигідних фізико-хімічних та біологічних методів з різними асоціаціями мікроорганізмів – активним мулом, іммобілізованими мікроорганізмами, гранульованим мулом, та в різних умовах – за концентрацією кисню, біомасою, тривалістю тощо, в залежності від складу, кількості і характеристик забруднюючих речовин, які містяться в неочищеній воді та стічних водах, та вимог до якості очищеної води, що дасть змогу впровадження нових ефективних біотехнологій або удосконалення існуючих. Такий підхід буде формувати у аспіранта здатність до розв'язання комплексних проблем в сфері біотехнологій та біоінженерії, виконувати оригінальні дослідження, генерувати нові ідеї, критично оцінювати одержані результати, що призводять до розробки нових та вдосконалення існуючих біотехнологій. Дана дисципліна повинна ознайомити студента з основами фізичних, хімічних та 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, сприяти формуванню наукового світогляду.

Метою дисципліни є формування у студентів здатностей: розв'язувати комплексні проблеми в сфері біотехнологій та біоінженерії, що передбачає глибоке переосмислення відомих та створення нових цілісних знань та професійної практики на підставі аналізу новітніх методів водоочищення, основаних на фізико-хімічних процесах або на використанні мікроорганізмів та інших гідробіонтів; керувати технологічними процесами біологічного очищення стічної води при відмінності якісного та кількісного складу забруднюючих речовин для одержання якісної очищеної води; виконувати оригінальні

дослідження, досягати наукових результатів, які створюють нові знання у сфері біотехнологій та біоінженерії та дотичних до неї міждисциплінарних напрямках; розробляти нові та вдосконалювати існуючі біотехнології на основі розуміння наукових сучасних фактів, концепцій, теорій, принципів і методів, що застосовуються у біотехнології та біоінженерії та природничих науках.

Основні завдання дисципліни -

вибір способів, прийомів та обладнання для забезпечення водоочищення фізико-хімічними методами, способів та умов культивування мікроорганізмів у біологічних методах з метою одержання очищеної від різних забруднюючих речовин води у відповідності до санітарних вимог для вдосконалення відомих технологій та розробки нових. Згідно з вимогами програми навчальної дисципліни, студенти після засвоєння кредитного модуля мають продемонструвати такі результати навчання:

Знання:

- фізико-хімічних та біологічних процесів, що застосовуються для очищення води і стічних вод від забруднюючих речовин органічного і неорганічного характеру;
- механізмів видалення забруднюючих речовин різної природи з води;
- новітніх методів очищення стічних вод та утилізації осадів, одержаних в результаті очищення;
- сучасних технологій фізико-хімічного та біологічного очищення стічних вод від ряду забруднюючих речовин: органічних, сполук Нітрогену, Фосфору, важких металів та ін.;
- сучасних технологій очищення стічних вод різних галузей промисловості: легкої, фармацевтичної, харчової та ін.;
- перспектив розвитку біотехнологій очищення води.

Уміння:

- проводити аналіз сучасних фізико-хімічних та біологічних методів очищення міських і промислових стічних вод з метою вибору раціонального та ефективного методу для видалення певного виду чи суміші забруднюючих речовин;
- проводити оцінку стану активного мулу, біологічної плівки, іммобілізованих мікроорганізмів, що здійснюють біологічне очищення стічної води, та чинити вплив на мікроорганізми шляхом зміни умов середовища для підвищення ефективності очищення від певних забруднюючих речовин;
- здійснювати обґрунтований вибір ефективної технології фізико-хімічного та біологічного очищення стічних вод в залежності від якісного та кількісного складу забруднюючих речовин, які містяться в них;
- реалізувати ту чи іншу технологію очищення води на практиці.

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

Ґрунтується на знаннях, одержаних студентами при вивченні дисциплін: Хімія; Біохімія; Фізика; Біофізика; Екологія; Екобіотехнологія; Біохімічні та фізичні методи аналізу в біотехнології; Біотехнології очищення води; Обладнання та проектування в біоенергетиці та водоочищенні; Гідробіологічні процеси у водних екосистемах, на знаннях іноземної мови не нижче рівня А2 та інформаційних технологій на рівні користувача.

Використовується при розробці технологічних рішень для підвищення ефективності фізико-хімічного та біологічного очищення води і стічних вод, одержання якісної очищеної води, відповідно до санітарних норм, переробки утворених при очищенні води відходів, а також при виконанні дослідної роботи в наукових установах, лабораторіях та науково-дослідних інститутах.

3. Зміст навчальної дисципліни

Розділ 1. Проблеми і шляхи вдосконалення біологічних методів і технологій очищення води і стічних вод.

Тема 1.1. Вступ. Мета і завдання вивчення дисципліни. Вдосконалення аеробних методів і технологій біологічного очищення води і стічних вод. Проблеми біологічного очищення стічних вод міст і промислових підприємств – надходження токсичних для мікроорганізмів речовин, інгібування, спухання активного мулу, піноутворення, зростання витрат повітря на аерацію, витрат електроенергії. Вдосконалення способів та прийомів культивування гідробіоценозів для аеробного очищення стічних і природних вод: біоплівки, активного мулу, аеробних спеціально адаптованих мікроорганізмів-деструкторів органічних сполук, іммобілізованих на носіях мікроорганізмів.

Тема 1.2. Вдосконалення анаеробних методів очищення стічних вод. Проблеми аеробного біологічного очищення висококонцентрованих стічних вод – перевантаження активного мулу, зростання концентрації біомаси мікроорганізмів, витрат повітря, зменшення швидкості окиснення органічних речовин. Шляхи використання анаеробних процесів для очищення висококонцентрованих за органічною речовиною стічних вод. Вдосконалення способів та прийомів культивування гідробіоценозів для анаеробного очищення стічних вод: асоціації анаеробних бактерій метантенків; анаеробних спеціально адаптованих мікроорганізмів-деструкторів органічних сполук, анаеробного гранульованого активного мулу, іммобілізованих на носіях мікроорганізмів.

Тема 1.3. Проблеми очищення природних і стічних вод від сполук Нітрогену та шляхи їх вирішення. Проблема зростання вмісту сполук Нітрогену у господарсько-побутових і промислових стічних водах і шляхи її вирішення. Вдосконалення способів та прийомів культивування бактерій-денітрифікаторів та нітрифікаторів, їх використання в технологіях очищення стічних вод методами нітри-денітрифікації. Підвищення ефективності очищення стічних вод від сполук Нітрогену у нових вдосконалених біотехнологіях: A/O; A2O; UCT; Biodenitro. Анаеробне окиснення амонію «anammox» - нові біотехнологічні можливості.

Тема 1.4. Підвищення ефективності очищення стічних вод від сполук Фосфору. Проблема зростання вмісту сполук фосфору у господарсько-побутових і промислових стічних водах і шляхи її вирішення. Вдосконалення способів та прийомів культивування асоціацій фосфоракумулюючих мікроорганізмів (ФАМ) та способів їх застосування для ефективного видалення із стічних вод сполук Фосфору у новітніх біотехнологіях: Vardenpho, Phoredox, UCT.

Тема 1.5. Перспективи використання біотехнологій для видалення із природних та стічних вод іонів важких металів. Проблеми вмісту іонів важких металів у підземних водах України та стічних водах міст і промислових підприємств та шляхи їх вирішення. Вдосконалення способів та прийомів культивування залізобактерій та способів 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. Вдосконалення способів та прийомів культивування вищих водних рослин на прикладі ряскових для доочищення стічних вод, зокрема солодового заводу, від іонів Феруму.

Розділ 2. Підвищення ефективності фізико-хімічних методів попереднього локального очищення і технологій сумісного біологічного очищення стічних вод міст і промислових підприємств.

Тема 2.1. Методи інтенсифікації седиментаційного очищення води для підвищення ефективності видалення із природних і стічних вод суспендованих частинок. Способи та прийоми збільшення гідравлічної крупності завислих частинок за рахунок коагуляції і флокуляції, використання адсорбційних та біокоагуляційних властивостей активного мулу; проведення досліджень процесу седиментації водних суспензій з використанням активного мулу. Застосування методів аерації і біокоагуляції для інтенсифікації попереднього відстоювання в технологіях біологічного очищення міських і виробничих стічних вод; техніко-економічна оцінка.

Тема 2.2. Вдосконалення технологій очищення стічних вод міст і промислових підприємств з використанням флотаційних методів. Підвищення ефективності попереднього локального очищення виробничих стічних вод промислових підприємств від жирів, олій, нафти і нафтопродуктів, СПАР, дрібнодисперсних, колоїдних забруднень з використанням методів флотації: безнапірної; напірної; флотації через пористі матеріали; електрофлотації, безреагентних і реагентних. Шляхи вдосконалення прийомів та способів флотації при використанні для первинного відстоювання, муловідокремлення, мулоущільнення тощо в процесах біологічного очищення стічних вод та зневоднення активного мулу.

Тема 2.3. Перспективи використання мембранних методів очищення стічних вод. Інтенсифікація біологічного очищення стічних вод з використанням мембранних біореакторів: збільшення концентрації біомаси активного мулу в біореакторі; збільшення навантаження на активний мул за органічною речовиною; зростання ефективності очищення стічних вод; зменшення виносу активного мулу з очищеною водою; техніко-економічна оцінка. Проблеми регенерації мембран та очищення відпрацьованих регенераційних розчинів.

Тема 2.4. Вдосконалення технологій попереднього фізико-хімічного очищення стічних вод легкої, фармацевтичної, харчової промисловості та технологій сумісного біологічного очищення стічних вод міст і промислових підприємств. Проблеми водовідведення і очищення стічних вод на промислових підприємствах: нерівномірність надходження стічних вод у водовідвідну мережу; коливання концентрацій забруднюючих речовин різної природи та ступеня їх дисперсності; залпові скиди концентрованих відпрацьованих розчинів з виробництва; проскок токсичних речовин та інгібіторів активного мулу на споруди біологічного очищення; відсутність або незадовільна робота споруд попереднього очищення на більшості промислових підприємств в Україні. Вирішення проблем шляхом використання ефективних методів і технологій фізико-хімічного попереднього очищення виробничих стічних вод, вдосконалених технологій сумісного аеробного та анаеробного біологічного очищення стічних вод міста і промислового підприємства з використанням адаптованих до забруднень стічних вод асоціацій мікроорганізмів – активного мулу, іммобілізованих мікроорганізмів, гранульованого анаеробного мулу тощо.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Рекомендована література

Базова

1. *Саблій Л.А. Фізико-хімічне та біологічне очищення висококонцентрованих стічних вод: Монографія. - Рівне: НУВГП, 2013. – 292 с.*
2. *Кононцев С. В., Саблій Л.А., Гроховська Ю.Р. Екологічна біотехнологія очищення стічних вод та культивування кормових організмів: Монографія. – Рівне: НУВГП, 2011. – 151 с.*
3. *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», рекомендовано вченою радою КПІ ім. Ігоря Сікорського / Під ред. Л.А. Саблій - 2-е вид., перероб. і доп. – Рівне: НУВГП, 2018 - 377 с.*
4. *Мацнев А.І., Саблій Л.А. Водовідведення на промислових підприємствах / Навчальний посібник для студ. вищих навчальних закладів. – Рівне: РДТУ. – 1998. - 219 с.*

Допоміжна

5. *Запольський А.К., Мешкова-Клименко Н.А., Астрелін І.М., Брик М.Т., Гвоздяк П.І., Князькова Т.В. Фізико-хімічні основи технології очищення стічних вод. - К.: «Лібра».- 2000. -552с.*
6. *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 Sobchak, Beata Kowalska. – Wydawnictwo Politechniki Lubelskiej. – Lublin, 2020. – pp. 280-292. ISBN: 978-83-7947-409-7.*

www.biblioteka.pollub.pl/wydawnictwa

7. 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.
8. Мацнев А.І., Проценко С.Б., Саблій Л.А. Моніторинг та інженерні методи охорони довкілля / Навч. посібник для студ. вищих навч. закладів. – Рівне: ВАТ “Рівненська друкарня”. – 2000. - 504 с.
9. Хенце М., Амроэс П., Ля-Кур-Янсен Й., Арван Э. Очистка сточных вод. Биологические и химические процессы. М.: «Мир».-2006. – 480 с.
10. Sabliy L., Kuzminskiy Y., Zhukova V., Kozar M., Sobczuk H. New approaches in biological wastewater treatment aimed at removal of organic matter and nutrients / *Ecol. Chem. Eng. S.*, 2019; 26 (2): 331-343. DOI: 10.1515/eces – 2019 – 0023. (SCOPUS, Web of Sciences).
11. Blyashyna M., Zhukova V., Sabliy L. Processes of biological wastewater treatment for nitrogen, phosphorus removal by immobilized microorganisms / *Східно-Європейський журнал передових технологій.* – 2018. - № 2/10 (92). – С. 30-37. (Scopus).
12. Konontsev S., Sablij L., Pylypenko Yu., Grokhovska Y., Kovalev Yu. Purification of recirculating water from phosphorous compounds *Acta Biol., Univ. Daugavp.* – 17 (2), 2017. – p. 193-197. (Web of science).
13. Kvarthenko O., Sabliy L., Kovalchuk N., Lysytsya A. The use of the biological method of treating iron containing underground water / *J. of water and land development*, 2018, No. 39 (X-XII): 77-82. PL ISSN 1429-7426, e – ISSN 2083-4535. DOI: 10.2478/jwld – 2018 – 0061. (Scopus).
14. Konontsev S., Sabliy L., Kozar M., Korenchuk N. Treatment of recirculating water of industrial fish farms in phytoreactor with *Lemnoideae* / *Східно-Європейський журнал передових технологій.* – 2017. - № 5/10 (89). – С. 61-66. (Scopus).
15. Sabliy L., Obodovych O., Sydorenko V., Korenchuk M. Increase in the efficiency of removal of irons from wastewater by aquatic plant “*Lemna minor*” / *Acta Periodica technologica, University of Novi Sad, Serbia, APTEFF*, V. 50, 2019, p. 210-219 (SCOPUS).
16. Kvarthenko O., Gryuk I., Sabliy L. Model of biomineralization of ferrum compounds by *Gallionella* cells immobilized on contact loading of bioreactor / *Energy Eng. and Control Systems*, 2017, Vol. 3, No. 2, pp. 51–56. (Cross Ref).
<https://doi.org/10.23939/jeecs2017.02.051>
17. Sabliy 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. (Cross Ref).
<https://doi.org/10.15407/biotech12.04.050>
18. Sabliy 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. (Cross Ref).
19. Sabliy L., Zhukova V. Effective technology of pharmaceutical enterprises wastewater local treatment from antibiotics / *Biotechnologia acta*, v. 13, No 3, 2020. – P. 81-88. (Cross Ref).
20. Sabliy L., Kuzminskiy Y., Gvozdyak P., Łagód G. Anaerobic and aerobic treatment of wastewater of milk plants [Електронний ресурс] *Society of Ecological Chemistry and Engineering (SEChE), Proceeding of ECOpole.* – 2009. - Vol. 3. - No. 2. - P. 373-378. - Режим доступу до журн.:
http://tchie.uni.opole.pl/ecoproc09b/SabliyKuziminskiy_PECO09_2.pdf.
21. Мацнев А.І., Проценко С.Б., Саблій Л.А. Практикум з моніторингу та інженерних методів охорони довкілля. – Рівне: ВАТ “Рівненська друкарня”, 2002. - 462 с.

Інформаційні ресурси:

22. ДБН В.2.5-75:2013 Каналізація: Проектування зовнішніх мереж та споруд
<https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/1-1-0-1045>
23. Правила охорони поверхневих вод <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/n0002400-91#Text>
24. Правила приймання стічних вод до систем централізованого водовідведення
<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0056-18#Text>

Навчальний контент

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
1	<p><u>Лекція 1. Вступ. Мета і завдання вивчення дисципліни. Вдосконалення аеробних методів і технологій біологічного очищення води і стічних вод.</u></p> <p>Проблеми біологічного очищення стічних вод міст і промислових підприємств – надходження токсичних для мікроорганізмів речовин (СПАР, іонів важких металів, антибіотиків та інших фармпрепаратів тощо), інгібування, спухання активного мулу, піноутворення, зростання витрат повітря на аерацію, витрат електроенергії тощо. Вдосконалення способів та прийомів культивування гідробіоценозів для аеробного очищення стічних і природних вод: біоплівки, активного мулу, аеробних спеціально адаптованих мікроорганізмів-деструкторів органічних сполук, іммобілізованих на носіях мікроорганізмів. Новітні методи і технології аеробного біологічного очищення стічних вод в біореакторах з носіями ВІА, технологія SBR, в біодискових реакторах, в мембранних біореакторах.</p> <p><i>Література: (1); (2); (3); (8); (9); (10); (11); (13); (14); (16); (17); (20); (21); (22); (23); (24).</i></p>
2	<p><u>Лекція 2. Вдосконалення анаеробних методів очищення стічних вод.</u></p> <p>Проблеми аеробного біологічного очищення висококонцентрованих стічних вод – перевантаження активного мулу, зростання концентрації біомаси мікроорганізмів, витрат повітря, зменшення швидкості окиснення органічних речовин. Шляхи використання анаеробних процесів для очищення висококонцентрованих за органічною речовиною стічних вод. Вдосконалення способів та прийомів культивування гідробіоценозів для анаеробного очищення стічних вод: асоціації анаеробних бактерій метантенків; анаеробних спеціально адаптованих мікроорганізмів-деструкторів органічних сполук, анаеробного гранульованого активного мулу, іммобілізованих на носіях мікроорганізмів. Використання анаеробних біореакторів з носіями ВІА, UASB-реакторів в технологіях біологічного очищення стічних вод.</p> <p><i>Література: (1); (3); (9); (10); (11); (17); (20).</i></p>
3	<p><u>Лекція 3. Проблеми очищення природних і стічних вод від сполук Нітрогену та шляхи їх вирішення.</u></p> <p>Проблема зростання вмісту сполук Нітрогену у господарсько-побутових і промислових стічних водах і шляхи її вирішення. Вдосконалення способів та прийомів культивування бактерій-денітрифікаторів та нітрифікаторів, їх використання в технологіях очищення стічних вод методами нітри-денітрифікації. Підвищення ефективності очищення стічних вод від сполук Нітрогену у нових вдосконалених біотехнологіях: A/O; A2O; UCT; Biodenitro. Анаеробне окиснення амонію «anammox» - нові біотехнологічні можливості.</p> <p><i>Література: (1); (2); (3); (8); (9); (10); (11); (14); (17); (20); (21); (22); (23); (24).</i></p>
4	<p><u>Лекція 4. Підвищення ефективності очищення стічних вод від сполук Фосфору.</u></p> <p>Проблема зростання вмісту сполук фосфору у господарсько-побутових і промислових стічних водах і шляхи її вирішення. Вдосконалення способів та прийомів культивування</p>

	<p>асоціацій фосфоракумулюючих мікроорганізмів (ФАМ) та способів їх застосування для ефективного видалення із стічних вод сполук Фосфору у новітніх біотехнологіях: Bardenpho, Phoredox, UCT.</p> <p><i>Література: (1); (2); (3); (8); (9); (10); (11); (12); (14); (17); (22); (23); (24).</i></p>
5	<p><u>Лекція 5. Перспективи використання біотехнологій для видалення із природних та стічних вод іонів важких металів.</u></p> <p>Проблеми вмісту іонів важких металів у підземних водах України та стічних водах міст і промислових підприємств та шляхи їх вирішення. Вдосконалення способів та прийомів культивування залізобактерій та способів 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. Вдосконалення способів та прийомів культивування вищих водних рослин на прикладі ряскових для доочищення стічних вод, зокрема солодового заводу, від іонів Феруму.</p> <p><i>Література: (1); (3); (4); (5); (6); (8); (13); (15); (16); (18); (21); (22); (23); (24).</i></p>
6	<p><u>Лекція 6. Методи інтенсифікації седиментаційного очищення води для підвищення ефективності видалення із природних і стічних вод суспендованих частинок.</u></p> <p>Способи та прийоми збільшення гідравлічної крупності завислих частинок за рахунок коагуляції і флокуляції, використання адсорбційних та біокоагуляційних властивостей активного мулу; проведення досліджень процесу седиментації водних суспензій з використанням активного мулу. Застосування методів аерації і біокоагуляції для інтенсифікації попереднього відстоювання в технологіях біологічного очищення міських і виробничих стічних вод; техніко-економічна оцінка. Седиментація у тонкому шарі води як спосіб інтенсифікації процесу відстоювання. Видалення емульсованих домішок у відстійниках спеціального призначення - нафто-, жиро-, смоло-, шерсте-, вовновловлювачах.</p> <p><i>Література: (1); (3); (4); (5); (7); (8); (13); (16); (19); (21).</i></p>
7	<p><u>Лекція 7. Вдосконалення технологій очищення стічних вод міст і промислових підприємств з використанням флотаційних методів.</u></p> <p>Підвищення ефективності попереднього локального очищення виробничих стічних вод промислових підприємств від жирів, олій, нафти і нафтопродуктів, СПАР, дрібнодисперсних, колоїдних забруднень з використанням методів флотації: безнапірної; напірної; флотації через пористі матеріали; електрофлотації, безреагентних і реагентних. Шляхи вдосконалення прийомів та способів флотації при використанні для первинного відстоювання, муловідокремлення, мулоущільнення тощо в процесах біологічного очищення стічних вод та зневоднення активного мулу.</p> <p><i>Література: (1); (3); (4); (5); (8); (21); (22); (23); (24).</i></p>
8	<p><u>Лекція 8. Перспективи використання мембранних методів очищення стічних вод.</u></p> <p>Інтенсифікація біологічного очищення стічних вод з використанням мембранних біореакторів: збільшення концентрації біомаси активного мулу в біореакторі; збільшення навантаження на активний мул за органічною речовиною; зростання ефективності очищення стічних вод; зменшення виносу активного мулу з очищеною водою; техніко-економічна оцінка. Проблеми регенерації мембран та очищення відпрацьованих регенераційних розчинів.</p> <p><i>Література: (1); (3); (4); (5); (8); (21).</i></p>
9	<p><u>Лекція 9. Вдосконалення технологій попереднього фізико-хімічного очищення стічних вод легкої, фармацевтичної, харчової промисловості та технологій сумісного біологічного очищення стічних вод міст і промислових підприємств.</u></p>

<p>Проблеми водовідведення і очищення стічних вод на промислових підприємствах: нерівномірність надходження стічних вод у водовідвідну мережу; коливання концентрацій забруднюючих речовин різної природи та ступеня їх дисперсності; залпові скиди концентрованих відпрацьованих розчинів з виробництва; проскок токсичних речовин та інгібіторів активного мулу на споруди біологічного очищення; відсутність або незадовільна робота споруд попереднього очищення на більшості промислових підприємств в Україні. Вирішення проблем шляхом використання ефективних методів і технологій фізико-хімічного попереднього очищення виробничих стічних вод, вдосконалених технологій сумісного аеробного та анаеробного біологічного очищення стічних вод міста і промислового підприємства, наприклад, шкірзаводу, фармацевтичного заводу, молокопереробного, солодового заводів та ін., з використанням адаптованих до забруднень стічних вод асоціацій мікроорганізмів – активного мулу, іммобілізованих мікроорганізмів, гранульованого анаеробного мулу тощо.</p> <p><i>Література: (1); (2); (3); (4); (5); (7); (8); (9); (12); (14); (18); (19); (20); (21); (22); (23); (24).</i></p>
--

Практичні заняття

Основними завданнями циклу семінарських занять з дисципліни «Сучасні методи і технології водоочищення» є формування у студентів вміння обирати найбільш відповідний для досліджень і виробництва у галузі біотехнології об'єкт; використовувати сучасні підходи для вдосконалення біологічних агентів і регуляції біохімічних процесів; здійснювати лабораторні та виробничі процедури із біооб'єктами.

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
1	Аналіз технологій аеробного біологічного очищення стічних вод: в біореакторах з ВІЯми, SBR-реакторах. Техніко-економічні розрахунки. <i>Література: (1); (2); (3); (8); (9); (10); (11); (13); (14); (16); (17); (20); (22); (23); (24).</i>
2	Аналіз технологій анаеробного біологічного очищення стічних вод: в анаеробних біореакторах з ВІЯми, в UASB-реакторах. Техніко-економічні розрахунки. <i>Література: (1); (3); (9); (10); (11); (17); (20).</i>
3	Порівняльний аналіз новітніх біотехнологій очищення стічних вод від сполук Нітрогену: A/O; A2O; UCT; Biodenitro. Розрахунки матеріальних балансів за сполуками загального та неорганічного Нітрогену при очищенні стічних вод за перерахованими технологіями. <i>Література: (1); (2); (3); (8); (9); (10); (11); (14); (17); (20); (21); (22); (23); (24).</i>
4	Порівняльний аналіз новітніх біотехнологій очищення стічних вод від сполук Фосфору: Bardenpho; Phoredox; UCT. Розрахунки матеріальних балансів за сполуками загального та неорганічного Фосфору при очищенні стічних вод за перерахованими технологіями. <i>Література: (1); (2); (3); (8); (9); (10); (11); (12); (14); (17); (22); (23); (24).</i>
5	Техніко-економічні розрахунки і порівняння технологій очищення води від сполук Феруму. <i>Література: (1); (3); (4); (5); (6); (8); (13); (15); (16); (18); (21); (22); (23); (24).</i>
6	Техніко-економічні розрахунки і порівняння технологій очищення стічних вод від завислих речовин з використанням методів коагуляції і флокуляції. <i>Література: (1); (3); (4); (5); (7); (8); (13); (16); (19); (21).</i>

7	Порівняльний аналіз флотаційних методів очищення стічних вод: безнапірна флотація, напірна флотація, електрокоагуляція-флотація. Техніко-економічні розрахунки. <i>(Індивідуальне заняття)</i> <i>Література: (1); (3); (4); (5); (8); (21).</i>
8	Техніко-економічні розрахунки і порівняння технологій очищення стічних вод з використанням мембранних методів. <i>Література: (1); (3); (4); (5); (8); (21).</i>
9	Практичне заняття 9. Модульна контрольна робота

6. Самостійна робота аспіранта

Самостійна робота аспіранта по дисципліні включає підготовку до аудиторних занять (24 години), модульної контрольної (4 години), підготовка до екзамену (30 годин) та самостійне вивчення певних тем, перелік яких наводиться нижче (56 години).

№ з/п	Назви тем і питань, що виносяться на самостійне опрацювання та посилання на навчальну літературу	Кількість годин СРС
1	<u>Інтенсифікація аеробного біологічного очищення стічних вод.</u> Проблеми біологічного очищення стічних вод за технологіями з використанням аеротенків та біофільтрів: перевантаження за органічною речовиною; надходження токсичних речовин (іонів важких металів, СПАР, антибіотиків тощо); залпові скиди виробничих стічних вод. Використання методів попередньої аерації та біокоагуляції стічних вод. Ксенобіотики. Мікроорганізми-деструктори природних і синтетичних органічних сполук. Кометаболізм. Селекція, подвійна селекція, адаптація, іммобілізація мікроорганізмів-деструкторів та їх використання в очищенні стічних вод. Аеробні методи біологічного очищення, їх використання в технологіях очищення міських і виробничих стічних вод промислових підприємств. <i>Література: (1); (2); (3); (8); (9); (10); (11); (13); (14); (16); (17); (20); (21); (22); (23); (24).</i>	10
2	<u>Інтенсифікація анаеробного біологічного очищення висококонцентрованих стічних вод.</u> Проблеми біологічного очищення стічних вод з високими концентраціями органічних речовин за показниками ХСК і БСК за технологіями з використанням аеротенків: перевантаження активного мулу за органічною речовиною, за сполуками Нітрогену і Фосфору; високий приріст активного мулу; зростання витрат повітря на аерацію і енергетичних витрат, що характерно для очищення стічних вод підприємств харчової, легкої, фармацевтичної та ін. галузей промисловості. Проблеми використання метантенків в технологіях очищення висококонцентрованих стічних вод. Новітні технології біологічного очищення з використанням анаеробних біореакторів з гранульованим мулом, анаеробних біологічних фільтрів, гібридних біореакторів і перспективи їх застосування. <i>Література: (1); (3); (9); (10); (11); (17); (20).</i>	10
3	<u>Проблеми біологічного очищення стічних вод від сполук Нітрогену.</u> Проблема зростання концентрації сполук Нітрогену у міських стічних водах та її наслідки у посиленні процесів евтрофікації природних водойм і погіршенні якості води в системах водопостачання. Актуальність очищення стічних вод від сполук Нітрогену. Методи і способи видалення сполук Нітрогену зі стічних вод. Сучасні ефективні технології нітри-денітрифікації: Людзака-Етінгера; UCT; Biodenitro; A2O; в біореакторах «карусельного» типу; анамокс; діамокс та ін. Використання іммобілізованих на носіях ВІА мікроорганізмів та	5

	<p>анаеробних і аеробних процесів для ефективного очищення стічних вод від сполук Нітрогену.</p> <p><i>Література: (1); (2); (3); (8); (9); (10); (11); (14); (17); (20); (21); (22); (23); (24).</i></p>	
4	<p><u>Проблеми біологічного очищення стічних вод від сполук Фосфору.</u></p> <p>Проблема зростання концентрації сполук Фосфору у міських стічних водах та її наслідки у посиленні процесів евтрофікації природних водойм і погіршенні якості води в системах водопостачання. Джерела надходження фосфатів у стічні води. Актуальність очищення стічних вод від сполук Фосфору. Методи і способи видалення сполук Фосфору зі стічних вод. Сучасні ефективні біотехнології дефосфорації: Bardenpho; Phoredox; UCT; A/O; A2O; BIODENITRO. Використання технології анаеробно-аеробного біологічного очищення з фосфоракумулюючими мікроорганізмами (ФАО). Техніко-економічна оцінка технологій.</p> <p><i>Література: (1); (2); (3); (8); (9); (10); (11); (12); (14); (17); (21); (22); (23); (24).</i></p>	5
5	<p><u>Проблеми біологічного очищення стічних вод від сполук Феруму.</u></p> <p>Надходження сполук Феруму у природні води (поверхневі, підземні) та стічні води. Нормування концентрацій сполук Феруму у воді, що використовується для питних і технічних потреб. Проблеми видалення із води та стічних вод сполук Феруму. Технології очищення води від сполук Феруму з використанням фізико-хімічних та біологічних методів. Можливість та ефективність використання вищих водних рослин: ряски, елодеї тощо, для очищення води і доочищення стічних вод від сполук Феруму. Технологія очищення стічних вод від сполук Феруму з використанням ряскових, її техніко-економічна оцінка.</p> <p><i>Література: (1); (3); (4); (5); (6); (8); (13); (15); (16); (18); (21); (22); (23); (24).</i></p>	5
6	<p><u>Інтенсифікація процесів очищення стічних вод від завислих речовин.</u></p> <p>Підвищення ефективності процесу седиментації шляхом використання відстоювання у тонкому шарі у відстійниках ламельного типу. Використання процесів коагуляції та флокуляції для збільшення ефективності очищення стічних вод від дрібнодисперсних завислих частинок. Застосування методів аерації і біокоагуляції для інтенсифікації попереднього відстоювання перед біологічним очищенням в технологіях очищення міських і виробничих стічних вод.</p> <p><i>Література: (1); (3); (4); (5); (7); (8); (13); (16); (19); (21).</i></p>	5
7	<p><u>Проблеми використання флотаційних методів для очищення виробничих стічних вод промислових підприємств.</u></p> <p>Порівняння методів седиментації і флотації для очищення стічних вод від дрібнодисперсних частинок, техніко-економічна оцінка. Технології флотаційного очищення стічних вод виробництва шкіри, хутра, деревообробних, молокопереробних виробництв, машинобудівних підприємств та ін. Шляхи підвищення ефективності очищення виробничих стічних вод флотаційними методами.</p> <p><i>Література: (1); (3); (4); (5); (8); (21); (22); (23); (24).</i></p>	5
8	<p><u>Перспективи використання мембранних методів для очищення води та стічних вод.</u></p> <p>Застосування мембранних методів і технологій для очищення стічних вод від органічних, колоїдних речовин, полімерів, мікроорганізмів, активного мулу. Технології очищення стічних і природних вод від іонних і молекулярнорозчинених речовин з використанням</p>	5

	напівпроникних мембран. Регенерація мембран. Техніко-економічна оцінка мембранних методів. <i>Література: (1); (3); (4); (5); (8); (21).</i>	
9	<u>Сучасні ефективні технології очищення виробничих стічних вод промислових підприємств.</u> Характеристика умов формування стічних вод на промислових підприємствах та особливості забруднюючих речовин. Вимоги до скиду стічних вод у міську мережу водовідведення та у природні водойми. Можливість сумісного очищення стічних вод міста і промислового підприємства. Технологія сумісного біологічного очищення стічних вод міста і молокопереробного підприємства. Вдосконалення технологій попереднього локального фізико-хімічного і біологічного очищення виробничих стічних вод промислових підприємств. Технології попереднього фізико-хімічного очищення стічних вод фармацевтичного підприємства, машинобудівного заводу, шкірзаводу та ін. Техніко-економічна оцінка. <i>Література: 1); (2); (3); (4); (5); (7); (8); (9); (12); (14); (18); (19); (20); (21); (22); (23); (24).</i>	6

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.

Норми етичної поведінки: Норми етичної поведінки студентів і працівників визначені 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 формування компетентностей, визначених стандартом освіти. 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 відбуватися в он-лайн формі за погодженням із керівником курсу.

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

Поточний контроль: опитування за темою практичного заняття (18 балів), МКР (22 бали), презентація за темами, винесеними на СРС (20 балів). Максимальна сума балів за семестрову роботу – 60 балів. Докладніша інформація щодо поточного контролю та критеріїв оцінювання наведена в PCO з дисципліни. Додаток 1

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

Семестровий контроль: екзамен. Максимальна сума балів на екзамені – 40 балів. Питання до екзамену наведено в додатку 2.

Додаток 1

Рейтингова система оцінювання результатів навчання навчальної дисципліни «СУЧАСНІ МЕТОДИ І ТЕХНОЛОГІЇ ВОДООЧИЩЕННЯ»

Рейтинг студента складається з балів, що він отримує за:

1. Опитування за темою практичного заняття (18 балів).
 2. МКР (22 бали).
 3. Презентація за темами, винесеними на СРС (20 балів).
- Загальна сума балів за семестрову роботу – 60 балів.

Розрахунок шкали (R) рейтингу

Сума вагових балів контрольних заходів протягом семестру складає:

$$R_c = 18 + 22 + 20 = 60 \text{ балів.}$$

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

$$R_c = 40 \text{ балів.}$$

Система рейтингових (вагових) балів занять і рейтингових оцінок по видах контролю за рік

№ п/п	Вид контролю	Бал	Кількість	Сума балів
1	Практичні заняття*			
	- ваговий бал r_k	2	9	18
2	Модульна контрольна робота			
	- ваговий бал r_k	2 2	1	2 2
	- якість виконання**	0-22		
3	Презентація за темами, винесеними на практичні заняття			
	- ваговий бал r_k	10	2	20
	- якість виконання***	0-10		
	Всього			60

* - експрес опитування на практичному занятті: повна розкрита відповідь - 2 бали;
- незадовільна відповідь - 0 балів.

** - Якість виконання модульної контрольної роботи:

повна розкрита відповідь - 20 - 22 бали;
помилка в одному завданні або неповна відповідь в двох завданнях - 17 - 20 балів;
помилка в одному завданні або неповна відповідь на усі завдання - 14 - 17 балів;
помилка в двох завданнях - 13 - 14 балів;
робота не зарахована - 0 балів.

*** - Презентація за темами, винесеними на практичні заняття:

повністю розкрита тема - 9 - 10 балів;
не повно розкрита тема - 7 - 9 балів;
частина теми розкрита - 6 - 7 балів;
не розкрита тема - 0 балів.

Умови допуску до семестрового контролю: семестровий рейтинг від 36 до 60 балів, написання МКР та презентація за однією з тем, винесеною на СРС.

Екзаменаційна робота являє собою відповідь на білет, який містить у собі 4 теоретичні питання. Відповідь на кожне питання оцінюється 0-10 балів.

Критерії оцінювання відповіді на питання:

- повна розгорнута відповідь питання – 9-10 балів;
- правильна, але неповна відповідь – 8-9 балів;
- відповідь з несуттєвими помилками 7-8 балів;
- відповідь з грубими помилками 6 балів;

- неправильна відповідь або відсутність відповіді (робота не зарахована) відсутність відповіді на два запитання – 0 балів.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

<i>Кількість балів</i>	<i>Оцінка</i>
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

Додаток 2

Питання на іспит з дисципліни «Сучасні методи і технології водоочищення»

1. Охарактеризуйте вплив окремих специфічних забруднень стічних вод: СПАР, іонів важких металів, антибіотиків та ін., на активний мул споруд аеробного біологічного очищення стічних вод. Які наслідки такого впливу?
2. Які способи використовують для вдосконалення культивування гідробіоценозів для аеробного очищення стічних вод: біологічної плівки, активного мулу, іммобілізованих на носіях мікроорганізмів?
3. Дайте характеристику нової технології аеробного біологічного очищення стічних вод в біореакторах з носіями іммобілізованих мікроорганізмів ВІЯ. Укажіть перспективи використання, ефективність технології та дайте техніко-економічну оцінку.
4. Наведіть характеристику нової технології аеробного біологічного очищення стічних вод в SBR-реакторах. Укажіть перспективи використання, ефективність технології та дайте техніко-економічну оцінку.
5. Охарактеризуйте нову технологію аеробного біологічного очищення стічних вод в мембранних біореакторах. Укажіть перспективи використання, ефективність технології та дайте техніко-економічну оцінку.
6. Опишіть проблеми, які виникають при аеробному біологічному очищенні висококонцентрованих за органічними речовинами стічних вод промислових підприємств. Шляхи їх вирішення.
7. Які способи використовують для вдосконалення культивування гідробіоценозів для анаеробного очищення висококонцентрованих за органічними речовинами стічних вод промислових підприємств: асоціацій анаеробних бактерій метантенків, анаеробного гранульованого мулу, іммобілізованих на носіях анаеробних мікроорганізмів?
8. Наведіть характеристику нової технології анаеробного біологічного очищення висококонцентрованих за органічними речовинами стічних вод з використанням біореакторів з носіями іммобілізованих мікроорганізмів ВІЯ. Укажіть перспективи використання, ефективність технології та дайте техніко-економічну оцінку.
9. Дайте характеристику нової технології анаеробного біологічного очищення висококонцентрованих за органічними речовинами стічних вод в UASB-реакторах. Укажіть перспективи використання, ефективність технології та дайте техніко-економічну оцінку.
10. Охарактеризуйте проблему зростання вмісту сполук нітрогену у господарсько-побутових та промислових стічних водах. Вкажіть шляхи її вирішення.
11. Які способи застосовують для вдосконалення культивування бактерій-денітрифікаторів і нітрифікаторів та їх використання в технологіях очищення стічних вод методами нітри-денітрифікації?
12. Дайте характеристику сучасних технологій біологічного видалення сполук нітрогену зі стічних вод – A/O і A2O. Укажіть перспективи використання, ефективність технологій та дайте їх техніко-економічну оцінку.

13. Наведіть характеристику сучасних технологій біологічного видалення сполук нітрогену зі стічних вод – UCT і Bionitro. Укажіть перспективи використання, ефективність технологій та дайте їх техніко-економічну оцінку.
14. Дайте характеристику технології анаеробного окиснення амонію – anammox, для біологічного видалення сполук нітрогену зі стічних вод. Укажіть перспективи її використання, ефективність, модифікації технології для збільшення ефективності видалення сполук N та дайте техніко-економічну оцінку.
15. Охарактеризуйте проблему зростання вмісту сполук фосфору у господарсько-побутових та промислових стічних водах. Укажіть шляхи її вирішення.
16. Які способи застосовують для вдосконалення культивування асоціацій фосфоракумулюючих мікроорганізмів – ФАМ, та їх використання в технологіях очищення стічних вод від сполук P?
17. Дайте характеристику сучасних технологій біологічного видалення сполук фосфору зі стічних вод – Bardenpho і Phoredox. Укажіть перспективи використання, ефективність технологій та дайте їх техніко-економічну оцінку.
18. Охарактеризуйте проблеми вмісту іонів важких металів у підземних водах та стічних водах міст і промислових підприємств. Укажіть шляхи їх вирішення.
19. Які способи застосовують для вдосконалення культивування залізобактерій та їх використання в біотехнологіях очищення підземних вод від сполук феруму та отримання очищеної води для питних та технічних потреб?
20. Охарактеризуйте перспективи та ефективність використання вищих водних рослин – ряски, елодеї тощо, для очищення природних вод та доочищення стічних вод від іонів важких металів.
21. Які способи та прийоми використовують для інтенсифікації седиментаційного очищення стічних вод шляхом застосування надлишкового активного мулу з аеротенків? Укажіть перспективи використання з цією метою активного мулу, ефективність, модифікації технології біологічного очищення стічних вод та дайте техніко-економічну оцінку.
22. Перспективи використання методів аерації та біокоагуляції для інтенсифікації попереднього відстоювання в технологіях біологічного очищення міських і виробничих стічних вод, їх ефективність і техніко-економічна оцінка.
23. Шляхи вдосконалення прийомів та способів флоатації при використанні для первинного відстоювання, муловідокремлення, мулоущільнення в процесах біологічного очищення стічних вод та зневоднення активного мулу. Оцінка ефективності методів та їх техніко-економічна оцінка.
24. Інтенсифікація біологічного очищення стічних вод з використанням мембранних біореакторів. Техніко-економічна оцінка.
25. Проблеми регенерації мембран в технологіях біологічного очищення стічних вод з мембранними біореакторами. Методи очищення регенераційних розчинів.
26. Проблеми водовідведення та очищення стічних вод на промислових підприємствах. Вплив концентрацій та нерівномірності надходження забруднюючих речовин у промислових стічних водах на роботу міських очисних споруд біологічного очищення стічних вод. Шляхи вирішення проблем.
27. Технології комплексного фізико-хімічного та біологічного очищення стічних вод міста та промислового підприємства. Техніко-економічна та екологічна оцінка.
28. Технологія сумісного аеробного та анаеробного біологічного очищення стічних вод молокопереробного підприємства з використанням іммобілізованих на носіях ВІА мікроорганізмів. Перспективи використання, ефективність, техніко-економічна оцінка.
29. Технологія сумісного аеробного та анаеробного біологічного очищення стічних вод солодового заводу з використанням гранульованого анаеробного мулу. Перспективи використання, ефективність, техніко-економічна оцінка.
30. Технологія комплексного фізико-хімічного та біологічного очищення стічних вод шкіряного заводу з використанням іммобілізованих мікроорганізмів. Перспективи використання, ефективність, техніко-економічна оцінка.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено доктором техн. наук, професором Саблій Ларисою Андріївною

Ухвалено кафедрою екобіотехнології та біоенергетики (протокол № 12 від 12.06.20)

Погоджено Методичною комісією факультету (протокол № 10 від 26.06.20)