

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КРЕМЕНЧУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ МИХАЙЛА ОСТРОГРАДСЬКОГО



МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
ЩОДО ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ
З НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
«БІОТЕХНОЛОГІЯ ОЧИЩЕННЯ ВОДИ»
ДЛЯ СТУДЕНТІВ ДЕННОЇ ФОРМИ НАВЧАННЯ
ЗА НАПРЯМОМ 6.051401 – «БІОТЕХНОЛОГІЯ»

КРЕМЕНЧУК 2017

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

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

к. т. н., доц. А. В. Пасенко

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

Кафедра біотехнологій і біоінженерії

Затверджено методичною радою Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського

Протокол №__ від_____ 2017.

Голова методичної ради

проф. В. В. Костін

ЗМІСТ

Вступ.....	4
1 Перелік практичних занять.....	7
Практичні заняття № 1, 2 Розрахунок необхідного ступеня очистки стічних вод.....	7
Практичне заняття № 3 Розрахунок ґрат.....	9
Практичне заняття № 4 Розрахунок піскоуловлювача.....	11
Практичне заняття № 5 Флотаційні установки	12
Практичне заняття № 6 Розрахунок відстійників	14
Практичне заняття № 7 Розрахунок полів фільтрації, полів зрошення	15
Практичне заняття № 8 Споруди для знезаражування стічних вод.....	18
Практичне заняття № 9 Споруди для оброблення осаду стічних вод.....	24
Практичне заняття № 10 Вибір методу очищення.....	26
2 Критерії оцінювання знань студентів.....	29
Список літератури.....	31

ВСТУП

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

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

Завдання курсу:

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

новітніх біотехнологічних процесів.

Перелік знань і умінь студентів

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

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

біоочищення води; розробляти схеми впровадження біотехнологій очищення води для вирішення екологічних задач.

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

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

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

1 ПЕРЕЛІК ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

Практичні заняття № 1, 2

Тема. Розрахунок необхідного ступеня очищення стічних вод

Мета: навчитися проводити розрахунок необхідного ступеня очищення стічних вод.

Навчальні елементи: санітарні вимоги, стічні води, знезараження стічних вод, ступінь необхідної очистки, допустима концентрація завислих речовин, допустиме БСК стічних вод, допустима мінімальна величину БПК, температура стічних вод, біохімічна потреба у кисні.

Короткі теоретичні відомості

Для визначення ступеня очищення стічних вод збирають та аналізують матеріали гідрогеологічної і гідробіологічної характеристик району і водоймищ: сезонні стоки та стоки для року 95 % забезпеченості; мінімальні середньомісячні літні й зимові витрати в розрахункових створах; гідравлічні характеристики русел для мінімальної середньодобової витрати 95 % забезпеченості в розрахункових створах.

Ступінь очистки стічних вод, що скидають у водойми визначають за кількістю завислих речовин, допустимою величиною БСК, кількістю розчиненого у водоймі кисню, зміні активної реакції, температурі води водойми, допустимою концентрацією шкідливих речовин.

Зв'язок між санітарними вимогами до умов випуску стічних вод у водойми (відповідність складу і властивостей води у водоймі, що використовують для водокористування встановленим нормативом) і необхідною ступеню очистки стічних вод перед скиданням їх у водойму в загальному вигляді виражається нерівністю:

$$C_{ex}q + C_p\gamma Q \leq (\gamma Q + q)C_{гдк}, \quad (1.1)$$

де C_{ex} – концентрація забруднень стічних вод після очищення

q – витрата стічних вод, що скидається у водойму m^3/c

C_p – концентрація забруднень у воді водойми вище випуску, мг/л

$C_{ГДК}$ – граничнодопустима концентрація забруднень у воді водойми, мг/л

З нерівності визначають концентрацію шкідливих речовин, яка повинна бути отримана в результаті очистки і знезараження стічних вод.

$$C_{ex} = \left(\frac{\gamma Q}{q} + 1\right) * C_{ГДК} + C_p, \quad (1.2)$$

Ступінь необхідної очистки визначають за формулою:

$$\Xi = \frac{C_{en} - C_{ex}}{C_{en}}, \quad (1.3)$$

Допустима концентрація завислих речовин у стічних водах, що скидають, у відповідності до санітарних правил може бути визначена за формулою:

$$C_{ex} = m \left(\frac{\gamma Q}{q} + 1\right) * C_{ГДК} + C_p, \quad (1.4)$$

де m – допустиме збільшення вмісту завислих речовин у воді водойми після скидання стічних вод;

C_p – вміст завислих речовин у водоймі до скидання стічних вод.

Допустиме БСК стічних вод, що підлягають скиданню у водойму, L_{ex} розраховують на підставі балансу біохімічної потреби в кисні суміші річкової води й стічних вод у розрахунковому створі за формулою:

$$L_{ex} = \frac{\gamma Q}{q * 10^{-k_1 t}} (L_{ГДК} - L_p * 10^{-k_2 t}) + \frac{L_{ГДК}}{10^{-k t}}, \quad (1.5)$$

де L_p – БСК_{повн} річної води до місця випуску СВ;

$L_{ГДК}$ – гранично допустиме БСК суміші річкової і стічних вод у розрахунковому створі;

k_1 і k_2 – константи швидкості споживання кисню стічною і річковою водою відповідно;

t – час переміщення води від місця випуску СВ до розрахункового пункту в добах.

Допустиму мінімальну величину БСК стічних вод, що скидають у водойму визначають виходячи з вимог Правил про збереження у водоймі мінімальної кількості розчиненого кисню після скидання стічних вод (6 мг/л для рибогосподарських і 4 мг/л для усіх інших водойм).

Температура стічних вод, при якій дотримуються санітарні умови відносно температури води у створі пункту водокористування:

$$T_{\omega} = \left(\frac{\gamma Q}{q} + 1 \right) T_N + T_r, \quad (1.6)$$

Згідно з вимогами Правил для комунальних споруд повного біологічного очищення стічних вод встановлені такі нормативи граничнодопустимого вмісту забруднюючих речовин (мг/л): біохімічна потреба у кисні (БСК_{повн}) – не більше за 15; хімічне споживання кисню – не більше за 80; завислі речовини – не більше за 15.

Завдання до теми

1. Розрахувати необхідний ступінь очищення стічних вод, якщо відомо: витрати вод річки = 20 м³/с, в яку скидаються стічні води в кількості = 0,4 м³/с; концентрація завислих речовин в стічних водах 250 мг/л; ділянка водоймища, в яке скидаються стічні води, відноситься до II категорії питного і культурно-побутового водокористування; концентрація завислих речовин в річці до спускання стічних вод С = 5 мг/л; коефіцієнт змішування = 0,75.

Контрольні питання

1. За якими основними показниками визначають необхідний ступінь очищення стічних вод?
2. Як визначають ступінь очистки стічних вод за кількістю завислих речовин?

Література: [1, с. 80–90; 4, с. 170–260; 7, с. 80–140; 10, с. 110–180; 12, с. 180–230; 13, с. 60–110; 16, с. 60–110; 20, с. 80–160; 23, с. 180–202; 35, с. 180–310].

Практичне заняття № 3

Тема. Розрахунок ґрат

Мета: навчитися проводити розрахунок ґрат.

Навчальні елементи: ґрати, втрати напору, швидкість у каналі, кількість стрижнів ґрат.

Короткі теоретичні відомості

При розрахунку ґрат визначають їхні розміри і втрати напору, що виникають при проходженні через них стічних вод.

Дослідження останніх років сприяли створенню нових ґрат типу СУ з прозорами 5,2 мм. Експлуатація цих типів решіток виявила, що осадів, які затримуються на ґратах з прозорами 5,2 мм, у 5 разів більше, ніж на ґратах з прозорами 16 мм. Розміри ґрат визначається з умови забезпечення в прозорах швидкості руху стічних вод 0,8–1 м/с при максимальному притоці на очисні споруди.

Ширина ґрат:

$$B = bn + \delta(n - 1), \quad (3.1)$$

де δ – товщина стержня, м.

Виходячи з загальної ширини підбирають необхідну кількість робочих ґрат. Додатково встановлюють 1–2 резервних ґрати і передбачають облаштування обвідної лінії для пропуску води у випадку аварійного засмічення ґрат.

Кількість затриманого на решітках сміття залежить від виду стічних вод, ширини прозорів решітки і способів її очищення. Так, для побутових стічних вод при ширині прозорів решітки 16 мм кількість затриманого сміття становить 8 л на 1 мешканця за рік, вологість затриманого осаду приймають 80 %. Осади, що знімають граблями, передаються транспортером на молоткову дробарку, розміщену в одному приміщенні з ґратами. Щитові затвори, встановлені на каналах, служать для вимикання ґрат. Подрібнені осади можна скидати в стічну воду перед ґратами або перекачувати в метантенки.

Швидкість у каналі при найбільшій витраті визначається за формулою:

$$V_{\text{найб}} = \frac{Q \cdot K}{n_1 \cdot h \cdot B}, \quad (3.2)$$

де B – ширина кожної з камер ґрат, м;

K – коефіцієнт нерівномірності витрати стічних вод.

Кількість стрижнів ґрат визначається за формулою:

$$n = \frac{B_p - b}{b + \delta}, \quad (3.3)$$

де B_p – ширина ґрати, м;

δ – товщина стрижнів, мм.

Швидкість руху води в ґратах визначається за формулою:

$$V_p = \frac{Q \sqrt{\sin 70^\circ}}{n_1 \cdot h \cdot b \cdot (n+1)}, \quad (3.4)$$

Завдання до теми

Провести розрахунок ґрат: $Q=1418,088$; $n_1=172800$; $h=0,7$; коефіцієнт нерівномірності витрати стічних вод 1,5.

Контрольні питання

1. Алгоритм розрахунку ґрат.

Література: [1, с. 130–180; 3, с. 200–310; 8, с. 20–70; 14, с. 201–230; 17, с. 300–370; 31, с. 80–160].

Практичне заняття № 4

Тема. Розрахунок піскоуловлювача

Мета: ознайомитися з особливостями розрахунків пісковловлювачів.

Навчальні елементи: об'єм камер, затримувана кількість піску, час протікання стічних вод, швидкість руху стічних вод, довжина робочої частини.

Короткі теоретичні відомості

Розрахунок піскоуловлювачів зводиться до визначення їх розмірів залежно від гідравлічної крупності піску і прийнятого типу споруд. Залежно від прийнятої швидкості руху стічних вод площу живого перерізу піскоуловлювача (або його відділення) визначають за формулою:

$$\omega = \frac{q_\omega}{v_z n}, \quad (4.1)$$

де q_ω – максимальна витрата СВ;

v – швидкість руху води, м/с (приймаємо 0,3 м/с);

n – кількість відділень (прийняли 2).

Швидкість руху стічних вод для горизонтальних піскоуловлювачів приймають 0,3 м/с при максимальному притоці і 0,15 м/с при мінімальному, для керованих піскоуловлювачів 0,08–0,12 м/с при максимальному притоці.

Після визначення основних розмірів горизонтальних піскоуловлювачів перевіряється час протікання стічних вод при максимальному притоці, який повинен бути не меншим за 30 с.

Затримувана кількість піску в піскоуловлювачах вологістю 60 % і щільністю 1,5 т/м³ приймається 0,02 л/(добу×мешк.) у горизонтальних піскоуловлювачах, а в керованих піскоуловлювачах 0,03 л на 1 мешканця на добу. Об'єм камер для піску визначають залежно від конструктивних параметрів піскоуловлювача, але він не повинен перевищувати двох добової кількості піску, що випадає в осад. Для сповзання піску, що випав у осад, кут нахилу стінок піскових камер до горизонту повинен бути не меншим за 60°.

Завдання до теми

Провести розрахунок пісколовки при умові, що витрата води становить 0,412 м³/с, глибину проточної частини приймаємо $h_1 = 0,7$ м, при розрахунковому діаметрі частинок піску $d = 0,2$ мм - $u_0 = 18,7$ мм/с і $K = 1,7$.

Контрольні питання

1. Алгоритм розрахунку піскоуловлювачів.

Література:[2, с. 90–160; 5, с. 150–210; 10, с. 202–270; 13, с. 85–206; 20, с. 208–320; 37; 38].

Практичне заняття № 5

Тема. Флотаційні установки

Мета: навчитися проводити розрахунок флотаційних установок.

Навчальні елементи: флотація, дзеркало флотаційної камери, робоча висота.

Короткі теоретичні відомості

Об'єм флотатора - відстійника

$$W = Q \cdot t, \quad (5.1)$$

де Q – годинна продуктивність установки (максимальний приплив стоків), $\text{м}^3/\text{год}$;

t - час перебування стічних вод у спорудах, год.

Час t визначають за формулою

$$t = t_0 + t_\phi, \quad (5.2)$$

де t_ϕ – час перебування води в камері флотації;

t_0 – час перебування води у відстійній камері;

Робоча висота флотатора – відстійника приймається в межах $H = 1,5\text{-}3\text{ м}$.

Площа дзеркала флотатора-відстійника:

$$F = W/H, \quad (5.3)$$

Діаметр флотатора-відстійника

$$D = \sqrt{\frac{4F}{\pi}}, \quad (5.4)$$

Об'єм флотаційної камери

$$W_\phi = Q \cdot t_\phi, \quad (5.5)$$

Висота флотаційної камери H_ϕ , тобто відстань від поверхні води до верху водорозподільника, приймається $1\text{-}1,2\text{ м}$.

Площа дзеркала флотаційної камери

$$F_\phi = W_\phi/H_\phi, \quad (5.6)$$

Розрахунок флотаційних установок полягає у визначенні об'єму і розмірів флотаційних камер, визначенні кількості шламів, що утворюються (пінного продукту) і осадів, підбора насосів і визначенні місткості напірних баків

Завдання до теми

Провести розрахунок флотаційної установки за окремим завданням.

Контрольні питання

1. Алгоритм розрахунку флотаційної установки.

Література:[1, с. 320–360; 7, с. 120–180; 11, с. 80–180; 15, с. 208–370; 17, с. 400–460; 36, с. 410–600].

Практичне заняття № 6

Тема. Розрахунок відстійників

Мета: навчитися проводити розрахунок відстійників.

Навчальні елементи: тривалість відстоювання, гідравлічне навантаження.

Короткі теоретичні відомості

Розрахунок вторинних відстійників виконують за гідравлічним навантаженням, яке визначається за формулою

$$q_{ssa} = \frac{4.5 * K_{ssa} * H_{set}^{0.8}}{(0.1 * j_i * a_i)^{0.5 - 0.01 a_i}}, \quad (6.1)$$

де K_{ssa} – коефіцієнт використання проточної частини відстійника;

H_{set} – глибина проточної частини відстійника;

J_i – муловий індекс;

a_i – доза активного мулу в аеротенку;

a_t – винесення завислих речовин з вторинних відстійників відповідно до розрахунку необхідного ступеня очищення СВ.

Тривалість відстоювання у вторинних відстійниках суміші стічних вод і активного мулу дорівнює 2 год.

Потрібна загальна площа F_{ssa} вторинних відстійників:

$$F_{ssa} = \frac{q_w * (1 + R_i)}{q_{ssa}}, \quad (6.2)$$

Діаметр вторинного відстійника D_{ssa} приймають таким, що дорівнює діаметру первинного D_{set} і визначають кількість n_{ssa} вторинних відстійників

$$n_{ssa} = \frac{F_{ssa}}{f_{ssa}}$$

де f_{ssa} – площа одного вторинного відстійника

Завдання до теми

Провести розрахунок відстійника за наданими даними.

Контрольні питання

1. Яке призначення мають вторинні відстійники після аеротенків?

Література:[2, с. 170–360; 5, с. 260–320; 12, с. 260–316; 14, с. 204–301; 18, с. 80–130; 21, с. 150–310].

Практичне заняття № 7

Тема. Розрахунок полів фільтрації, полів зрошення

Мета: отримати навички з виконання розрахунків очисних споруд біологічного призначення - полів фільтрації, полів зрошення.

Навчальні елементи: поля фільтрації, розрахункова площа полів, норми навантаження.

Короткі теоретичні відомості

Розрахунок полів фільтрації або зрошення проводять по середньодобовій нормі навантаження, тобто кількості стічних вод, що приходиться на 1га площі полів у середньому за добу протягом року.

Повну розрахункову площу полів фільтрації визначають:

$$F_{\text{ф}} = F_{\text{ф.кор}} + F_{\text{ф.рез}} + k_{\text{ф.д}}(F_{\text{ф.кор}} + F_{\text{ф.рез}}), \quad (7.1)$$

де $F_{\text{ф.кор}}$ – корисна площа полів фільтрації;

$F_{\text{ф.рез}}$ – резервна площа полів фільтрації, дорівнює 10-25% від корисної площі $F_{\text{ф.кор}}$;

$K_{\text{ф.д}}$ – коефіцієнт, що враховує збільшення площі у зв'язку з облаштуванням допоміжних споруд.

Повну розрахункову площу полів зрошення розраховують:

$$F_{\text{п.л}} = F_{\text{з.кор}} + F_{\text{з.рез}} + k_{\text{з.д}} * (F_{\text{з.кор}} + F_{\text{з.рез}}), \quad (7.2)$$

де $F_{\text{з.кор}}$ – корисна площа полів зрошення;

$F_{\text{з.рез}}$ – резервна площа полів зрошення;

$K_{\text{з.д}}$ – коефіцієнт, що враховує збільшення площі у зв'язку з облаштуванням допоміжних споруд.

Корисна площа для полів фільтрації:

$$F_{\text{ф.кор}} = Q/q_{\text{ф}}, \quad (7.3)$$

де Q – середньодобова витрата СВ;

$q_{\text{ф}}$ – навантаження СВ на поля фільтрації.

Корисна площа для полів зрошення:

$$F_{\text{з.кор}} = Q/q_{\text{з}}, \quad (7.4)$$

де Q – середньодобова витрата СВ;

$q_{\text{з}}$ – навантаження СВ на поля зрошення, що визначаються як середньозважена величина з навантажень на ділянки з різними видами сільськогосподарських культур (табл.7.1).

Таблиця 7.1 – Норми навантаження побутових стічних вод на поля зрошення для районів із середньорічною висотою шару атмосферних опадів 300-500 мм

Середньорічна температура повітря, °С	Навантаження на поля зрошення в залежності від типу ґрунту, м ³ / (га-добу)		
	суглинок	супісок	пісок
До 3,5	30/15	40 / 20	60 / 30
3,6 - 6	35/20	50 / 25	75 / 40
6,1 - 9,5	45 / 25	60 / 30	80 / 40
9,6 - 11	60 / 30	70 / 35	85 / 45
Понад 11	70 / 35	80 / 40	90 / 45

Примітка: 1) навантаження приведені у чисельнику для городних сільськогосподарських культур, у знаменнику - для польових;

2) для районів із середньорічною висотою шару атмосферних опадів 500 -700 мм норми навантаження на полях зрошення зменшуються на 10-15%, а для районів із середньорічною висотою шару атмосферних опадів понад 700 мм - на 15-25%. Більший відсоток приймають для суглинків, менший - для пісків.

Оскільки, в деякий період року випуск стічної води на поля зрошення не допускається для прийому стічних вод на цей час служать резервні ділянки, що не зайняті під сільськогосподарські культури, які виконують роль звичайних полів фільтрації.

У зимовий період часу, після промерзання ґрунту, фільтрація стічної води практично припиняється і починає поступове наморожування стічної води.

Для повного розрахунку споруд біологічного очищення стічних вод у природних умовах необхідно визначати характеристики їх дренажної системи, а саме кількість карт полів, витрати води на одну карту та водовідведення. А також визначення модулю стоку.

Магістральний канал розраховують на загальну максимально секундну витрату, а розподільний канал розраховують на максимальну секундну витрату, що залежить від числа карт, які одночасно зрошують та примикають до даного розподільного каналу.

Число карт розраховується за формулою:

$$N_{\text{од}} = N_{\text{о.заг}}/t_{\text{м.п}}, \quad (7.5)$$

де $N_{\text{о.заг}}$ – загальна кількість карт;

$T_{\text{м.п}}$ – період між поливами, призначається в межах 5-10 діб залежно від водно-повітряного режиму полів фільтрації чи зрошення, фільтраційної здатності ґрунтів та рівня ґрунтових вод.

При несприятливих ґрунтових умовах на полях зрошення і фільтрації влаштовують осушувальну (водовідвідну) мережу, яка складається з дренажу, збірної мережі, відвідних ліній і випусків. Дренаж є важливим елементом полів в таких умовах. Він дозволяє вчасно відводити зайву вологу ґрунту і сприяє проникненню повітря в осушувальний шар, без чого не може проходити аеробний окисний процес. Пристрій дренажу обов'язковий при заляганні ґрунтових вод на глибині менше 1,5 м від поверхні ґрунту.

Розрахунок дренажної мережі полів зрошення і фільтрації зводиться до визначення модулю стоку (витрати води, що повинна бути відведена з ділянки осушування) та висоти шару води, яку необхідно виводити дренажною мережею.

Завдання до теми

1. Визначити повну розрахункову площу полів фільтрації розташованих в районі міста Києва, якщо середньодобова витрата стічних вод складає 5000 м³/добу, навантаження стічних вод на поля фільтрації 235 м³/га-добу,

зимовий шар опадів 75 мм, ґрунт на території поля пісок. Перевірити, чи забезпечує розрахункова площа пропуск стоків у період зимового наморожування протягом 30діб.

2. Визначити повну розрахункову площу та дренажну мережу полів зрошення розташованих в районі міста Харкова, якщо середньодобова витрата біологічно очищених стічних вод складає 4,5 тис.м /добу. Максимальна секундна витрата – 94 л/с, середньорічна температура повітря 6,9⁰С, середньорічна висота шару атмосферних опадів 609 мм, шар зимових опадів 80мм, ґрунти на території полів - супіски, рівень ґрунтових вод на глибині 3м. Площа полів на 70 % зайнята городніми і на 30 % - польовими культурами. Рельєф – спокійний з ухилом приблизно 0,003м.

3. Визначити повну розрахункову площу полів зрошення, зайнятих городніми культурами, що розташовані в районі міста Києва, якщо середньодобова витрата стічних вод складає 5000 м /добу, середньорічна температура повітря 7,6⁰С , шар зимових опадів 75мм, ґрунт - пісок. Перевірити, чи забезпечується розрахункова площа пропуск стоків у період зимового наморожування протягом 30діб.

Контрольні питання

1. Алгоритм розрахунку полів фільтрації.

Література:[4, с. 264–380; 7, с. 180–217; 11, с. 201–264; 13, с. 304–390; 24, с. 118–140].

Практичне заняття № 8

Тема. Споруди для знезаражування стічних вод

Мета: ознайомитися з основними методами знезаражування стічних вод.

Навчальні елементи: хлоратор, УФ–знезараження, УФ–комплекси.

Короткі теоретичні відомості

Очищення стічних вод в аеротенках або на біофільтрах забезпечує зменшення загального вмісту бактерій на 90–95 %. Для знищення патогенних

бактерій, що залишилися в очищених стічних водах, і зменшення таким чином небезпеки зараження води водойм здійснюється знезаражування стічних вод. Найпоширенішим методом знезаражування стічних вод є їх хлорування водним розчином газоподібного хлору чи гіпохлоритом натрію. Застосовують також фізичні методи знезараження, найбільш поширеним з яких є ультрафіолетове опромінювання стічних вод, можливе використання комбінованих методів.

Метод знезараження стічних вод визначається не тільки техніко-економічними й санітарними, але й екологічними вимогами. Метод знезараження, що використовують, не повинен суперечити вимогам охорони поверхневих вод від надходження у водоймища токсичних сполук, наприклад, активного хлору, хлорорганіки, наявність яких у воді недопустима.

Кількість активного хлору, необхідна для знезаражування одиниці об'єму стічних вод, виражена в мг/л чи г/м^3 , називається дозою хлору. При експлуатації очисних споруд необхідну дозу хлору уточнюють експериментальним хлоруванням і приймають такою, щоб кількість залишкового хлору після 30 хвилин контакту зі стічними водами не була меншою за $1,5 \text{ г/м}^3$. Розрахункова доза активного хлору призначається рівною 10 г/м^3 для механічно очищених стічних вод, 5 г/м^3 – для стічних вод після неповного біологічного очищення і 3 г/м^3 – для біологічно очищених стічних вод. Зазвичай на руйнування бактеріальних клітин витрачається лише незначна частина хлору, що вводиться у воду. Більша частина хлору йде на окислення органічних речовин і на реакції з мінеральними домішками, що містяться у воді. Кількість хлору, яка витрачається на ці процеси, характеризує хлорпоглинання води.

Хлор, що додається, повинен бути ретельно перемішаний зі стічними водами. До складу споруд для хлорування стічних вод входять хлораторна, змішувач і контактний резервуар. У наш час експлуатуються декілька типів установок для приготування й дозування розчинів, що містять активний хлор.

Установки першого типу працюють на зрідженому хлорі й називаються хлораторами. У цих установках послідовно здійснюється випаровування хлору, його механічне очищення, дозування й розчинення у воді. Хлорування здійснюється хлорною водою, що виходить із хлоратора. У деяких випадках хлорування може здійснюватись безпосередньо газоподібним хлором, який змішується із стічними водами в спеціальних пристроях.

До другого типу належать установки, призначені не тільки для приготування дезінфікуючих розчинів, але і для отримання їх із первинної сировини. До таких установок відносять електролітичні установки для приготування розчинів гіпохлориту натрію.

Вибір установки для хлорування здійснюють за витратою очищуваних стічних вод, умовами постачання, транспорту й зберігання реагентів, можливістю автоматизації процесів і механізації трудомістких робіт. Хлорування стічних вод розчинами газоподібного хлору. Хлор поставляється на очисні станції в балонах чи контейнерах, у яких він знаходиться під надлишковим тиском переважно в рідкому стані. Внаслідок малої розчинності рідкого хлору його попередньо переводять у газоподібний стан, після чого розчиняють у воді, а хлорування стічних вод здійснюють так званою хлорною водою. Установки для хлорування стічних вод складаються з наступних вузлів: складу хлору; пристроїв для випаровування рідкого хлору; дозування газоподібного хлору й приготування хлорної води (хлоратора); насосної для підвищення напору води, що подається в ежектор; електрощитової та приміщення контрольно-вимірювальних приладів; вентиляційних і дегазаційних пристроїв.

Суттєвим недоліком методу обробки газоподібним хлором є необхідність транспортування і зберігання великих об'ємів високотоксичного рідкого хлору в балонах, що представляє потенційну небезпеку виникнення надзвичайних аварійних ситуацій.

Хлоратори можуть бути напірними чи вакуумними. У напірних хлор газ знаходиться під деяким надлишковим тиском, у вакуумних – під тиском менше

атмосферного. Найбільшого поширення набули вакуумні хлоратори, які виключають можливість витoku хлору в приміщення, де вони встановлені. Серед відомих конструкцій вакуумних хлораторів найбільшого поширення

Застосування озону для знезараження стічних вод. При знезараженні стічних вод озон, який є алотропічною модифікацією кисню, застосовується в газоподібному вигляді. За температури 0°C і тиску $0,1$ МПа розчинність чистого озону складає $0,68$ г/л, а маса його 1 л – $2,144$ г. Молекула озону дуже нестійка й легко дисоціює на атом і молекулу кисню. Швидкість дисоціації озону зростає при збільшенні значення рН, температури й ступеня мінералізації води. Озон – сильний окислювач. Патогенні мікроорганізми знищуються озоном у 15 – 20 , а спорові форми бактерій – у 300 – 600 разів швидше, ніж хлором. Крім цього озон одночасно підвищує прозорість води і знижує її кольоровість.

Доза озону для знезараження стічних вод залежить від ступеня попереднього очищення і вмісту органічних речовин у стічних водах (озон, у першу чергу, окислює органічні речовини, а вже потім діє як дезінфікуючий агент), часу контакту стічних вод з озоном, концентрації озону в озоно–повітряній суміші. Знезараження озоном доцільно передбачати після доочищення стічних вод на мікрофільтрах чи фільтрах. Дозу озону в цьому випадку слід приймати рівною 6 – 10 мг/л при тривалості контакту зі стічними водами 8 – 10 хв. Для біологічно очищених стічних вод при концентрації завислих речовин 10 – 12 мг/л і $\text{БСК}_{\text{повн}}$ 15 мг/л доза озону складає 15 – 30 мг/л, а тривалість контакту – $0,3$ – $0,5$ год.

Основними причинами, що стримують і ускладнюють широке застосування озону для знезараження стічних вод, є відносно висока його собівартість, яка визначається невисокою якістю озонаторних установок промислового типу пропускною спроможністю 10 – 50 кг/год і малим ступенем використання озону (50 – 70 %) в існуючих конструкціях змішувачів. Вдосконалення процесів очищення стічних вод із застосуванням озону розвивається за двома основними напрямками. Це створення

ефективних, високопродуктивних і економічних генераторів озону, працюючих на підвищених частотах, та інтенсифікація процесу масообміну контактуючих фаз (озону й стічних вод) за рахунок зміни швидкості реакції застосуванням каталізаторів, фотохімічного чи радіохімічного впливу, поєднання озонування з ультрафіолетовим опроміненням.

Ультрафіолетове (УФ) випромінювання. Знезараження стічних вод з використанням ультрафіолетового (УФ) випромінювання не потребує застосування хімічних реагентів, не впливає на смак і запах води і діє не тільки на бактеріальну флору, але й на бактеріальні спори. Тим самим усувається потреба у зберіганні, транспортуванні й виробництві небезпечних розчинів і газів. Для досягнення необхідного ефекту знезараження стічних вод потребується всього декілька секунд (у порівнянні з 15–30 хв. при обробці хлором чи озоном). Цей метод може бути надійним і нешкідливим заміником хлору завдяки виключенню отруйних речовин і достатній бактерицидній активності проміння. Бактерицидне опромінення діє майже миттєво й отже, вода, що пройшла через установку, може відразу ж надходити в систему оборотного водопостачання або у водойму. Знезараження стічних вод ультрафіолетовим випромінюванням не чинить токсичного впливу на водні організми й не призводить до утворення шкідливих для здоров'я хімічних сполук. На відміну від хлорування або озонування, при правильному виборі джерела й дози УФ випромінювання знезараження не супроводжується зміною складу води й появою яких-небудь токсичних побічних продуктів.

Технологія УФ–знезараження має такі переваги:

- енерговитрати в промислових УФ–установках у 3–4 рази менші від енергоспоживання озонаторних систем;
- УФ–комплекси і їх периферійне обладнання компактні й безпечні;
- використання УФ–знезараження виключає утворення токсичних і канцерогенних продуктів;
- відсутність необхідності в зберіганні небезпечних матеріалів і реагентів.

УФ–випромінювання ефективно руйнує мікроорганізми шляхом зміни генетичної інформації ДНК, що призводить до загибелі понад 99,99 % усіх патогенних мікроорганізмів у стічній воді. Як джерело УФ–випромінювання застосовують спеціальні ртутно–кварцові та ртутно–аргонові лампи з увіолевим склом, яке має підвищену прозорість у зоні УФ–спектра.

УФ–випромінювання ефективно тільки при знезараженні стічних вод, які пройшли якісне біологічне очищення або доочищення на крупнозернистих фільтрах. Для обробки стічних вод УФ–випромінюванням застосовують установки з зануреними та не зануреними джерелами випромінювання. Установки напірного типу малопотужні й прості. Вони складаються з корпусу, в якому розташована УФ–лампа, поміщена в захисний кварцовий чохол.

Більшість бактерицидних УФ–установок призначені для знезараження невеликих обсягів стічних вод. Вони являють собою камеру опромінення у вигляді труби невеликого діаметра, куди вмонтоване джерело УФ–випромінювання, поміщене у захисний кварцовий кожух. В одній камері УФ–випромінювання монтуються 1–3 лампи й пропускна здатність такої камери не перевищує 50 м³/год. Для знезараження води доцільно використовувати лампи низького тиску, що характеризуються відсутністю високотемпературних ефектів і простотою пускорегулюючої електроапаратури. Водозанурені установки касетного типу з використанням ртутних ламп низького тиску вирішують проблему знезараження стічних вод перед випуском їх у водойми.

Завдання до теми

Завдання 1. Заповнити таблицю:

Назва методу	Суть методу

Контрольні питання

1. Які методи застосовують для знезараження стічних вод?

Література:[2, с. 280–300; 8, с. 80–160; 9, с. 70–130; 12, с. 60–140; 18, с. 80–140; 29, с. 60–90; 34, с. 500–610].

Практичне заняття № 9

Тема. Споруди для оброблення осаду стічних вод

Мета: ознайомитися з особливостями оброблення осаду стічних вод.

Навчальні елементи: ущільнення (згущення), стабілізація органічної частини, кондиціювання, зневоднення; термічна обробка, утилізація цінних продуктів, ліквідація осадів.

Короткі теоретичні відомості

У процесі очистки стічних вод на очисних спорудах утворюється значна кількість осаду. Основне завдання обробки осадів стічних вод полягає в отриманні кінцевого продукту, властивості якого забезпечували б можливість його утилізації, або звели до мінімуму збиток, що наноситься навколишньому середовищу, і проводиться з метою зменшення об'єму осаду і його знезараження.

У повній мірі ця мета досягається лише при вирішенні трьох основних технологічних завдань обробки осадів:

- зневодненням, що забезпечує зменшення об'єму осадів і їх вологості;
- стабілізацією, що надає осадам здатність не виділяти шкідливі продукти розкладання при тривалому зберіганні;
- знезараженням, що робить осад безпечним за санітарно-бактеріологічними показниками.

Основні стадії обробки осадів стічних вод:

- ущільнення (згущення);
- стабілізація органічної частини;
- кондиціювання;
- зневоднення;
- термічна обробка;
- утилізація цінних продуктів;
- ліквідація осадів.

Ущільнення може бути гравітаційним у вертикальних або радіальних мулоущільнювачах і флотаційним. Найбільш поширеним і простим прийомом

зниження об'єму надлишкового активного мулу є гравітаційне ущільнення. Воно значною мірою зменшує об'єм споруд, потребу в реагентах і витрати електроенергії, необхідні для подальшої його обробки. Зменшення об'єму і вологості осадів гравітаційним методом досягається тривалим їх відстоюванням. У процесі ущільнення активного мулу відокремлюється вільна вода.

Застосовують зазвичай мулозгущувачі радіального типу. На станціях невеликої продуктивності використовують вертикальні мулозгущувачі, які влаштовують на базі звичайних первинних вертикальних відстійників з центральною трубою. З мулозгущувачів радіального типу мул видаляють безперервно мулошкребами або мулососами та направляють на подальшу обробку.

Аеробну стабілізацію здійснюють у аераційних спорудах типу аеротенків, вона полягає в тривалій аерації осаду. Анаеробну стабілізацію або зброджування здійснюють у таких спорудах:

- у септиках (при продуктивності станції до 25 м³/добу);
- у двоярусних відстійниках або освітлювачах (при продуктивності станції до 10 тис. м³/добу);
- у метантенках (при продуктивності станції більше 10 тис. м³/добу).

Отже, для міських і районних очисних станцій можуть застосовуватися послідовно всі методи обробки осадів: попереднє ущільнення; аеробна стабілізація в стабілізаторах при продуктивності станції 64–100 тис. м³/добу чи анаеробна стабілізація в метантенках при продуктивності станції понад 100 тис. м³/добу; механічне зневоднення з попереднім кондиціонуванням осадів на вакуум–фільтрах, фільтр–пресах або центрифугах; зневоднення на мулових майданчиках (якщо це можливо); термічна обробка шляхом сушіння і спалювання.

Метантенки – герметичні резервуари, що забезпечують зброджування осадів без доступу кисню повітря при підтримці оптимальної температури зброджуваного осаду. На відміну від двоярусних відстійників і освітлювачів–

перегнивачів у метантенках здійснюють підігрівання осадів до 33 чи 53 °С, їх інтенсивне перемішування та утилізацію утворюваного біогазу.

Завдання до теми

Завдання 1. Заповнити таблицю:

Суть методу	Очисна споруда

Контрольні питання

1. Основні стадії обробки осадів стічних вод

Література: [3, с. 80–160; 6, с. 80–130; 10, с. 160–190; 11, с. 60–108; 22, с. 80–160; 27; 28; 33, с. 80–300].

Практичне заняття № 10

Тема. Вибір методу очищення

Мета: авчитися підбирати оптимальний спосіб очищення стічних вод.

Навчальні елементи: механічний метод, біологічний, дезінфекція.

Короткі теоретичні відомості

Очищують побутові стічні води механічним та біохімічним способами, бактерії знищують знезаражуванням (дезінфекцією). Механічні методи очистки дозволяють осаджувати не більше 60 % завислих речовин. Підвищення ефективності осадження досягається застосуванням різних способів інтенсифікації: преаерації, біокоагуляції, освітлення в завислому шарі або тонкошарове відстоювання.

Механічне очищення полягає у видаленні завислих і частково колоїдних часток. З цією метою використовують такі споруди: решітки – для видалення крупних часток (ганчірки, мочала, папір тощо); піскоуловлювачі – для затримання крупних мінеральних домішок (пісок, шлак тощо); відстійники – для видалення завислих речовин, мулу.

Споруди, на яких здійснюють механічну очистку, розташовують у технологічній послідовності, що забезпечує видалення спочатку найбільш

великих часток забруднень (решітки, сита), після чого речовини мінерального походження, головним чином піску (піскоуловлювачі різних типів, гідроциклони) і, нарешті основної маси більш дрібних завислих речовин (відстійники різних типів). Плаваючі речовини (жири, масла, нафтопродукти, смоли та ін.) також видаляють у відстійниках. Для очистки стічних вод (як правило, промислових) з великим вмістом цих речовин передбачаються окремі споруди жиросіпалоуловлювачі, нафтоуловлювачі.

Механічна очистка при обробці міських стічних вод є попередньою стадією перед біохімічною очисткою. Біохімічні методи очистки засновані на використанні особливостей життєдіяльності мікроорганізмів, які окислюють органічні речовини, що знаходяться у стічних водах у вигляді тонких суспензій, колоїдів або в розчині.

Біохімічним методом вдається майже повністю звільнитися від органічних забруднень, що залишилися в стічних водах після механічної очистки, а також значно знизити вміст хвороботворних мікроорганізмів.

Біохімічне очищення полягає в тому, що речовини, що ще залишилися у воді після механічного очищення за допомогою мікроорганізмів перетворюються на мінералізовані домішки. Для цього використовують природні споруди (поля зрошення, фільтрації, біологічні ставки) та штучні (біофільтри, аеротенки). Для невеликої продуктивності придатна схема, в якій механічне очищення забезпечується решітками, піскоуловлювачами, двоярусними відстійниками, а біологічне відбувається на полях зрошення, фільтрації, у біологічних ставках.

Пісок, який видаляють піскоуловлювачами, направляють для підсушування на піскові майданчики. Мул, що осідає у двоярусних відстійниках, зброджується в їхній нижній частині і періодично надходить на мулові майданчики.

У разі великих витрат стічних вод використовують схему, за якою для біологічного очищення води застосовують біофільтри або аеротенки. Стічна вода спочатку проходить споруди механічної очистки (решітки,

піскоуловлювачі, первинні відстійники), а потім біологічної очистки з наступним затримання вторинного мулу у вторинних відстійниках. В оброблену таким чином стічну воду вводять, найчастіше, хлор і направляють в контактний резервуар для забезпечення необхідної тривалості контакту й знезараження. В останні часи в такі схеми для підвищення ступені очистки вводять ще зернисті фільтри. Осад, який осів в відстійниках, має неприємний запах, небезпечний у санітарному відношенні, погано сохне. Тому його зброджують у двоярусних відстійниках, метантенках та інших спорудах. Зброджений осад стає однорідної структури, при підсушуванні на мулових майданчиках віддає вологу, містить азот, фосфор, калій і може бути використаний в певних умовах у якості добрива.

Споруди, в яких проходить біохімічна очистка, можуть бути поділені на дві основні групи.

До першої групи відносяться споруди, що працюють у природних або близьких до них умовах: поля зрошення, поля фільтрації і біологічні ставки. У цих спорудах стічні води очищаються доволі повільно за рахунок запасу кисню в ґрунті й у воді біологічних ставків, а також завдяки життєдіяльності мікроорганізмів–мінералізаторів, що окислюють органічні забруднення.

До другої групи відносяться споруди, в яких очистка стічних вод відбувається в штучно створених умовах: біологічні фільтри й аеротенки. В цих спорудах очистка проходить інтенсивніше, ніж у природних умовах, завдяки підтриманню штучним шляхом життєдіяльності необхідних мікроорганізмів.

На спорудах механічного очищення ефект зниження завислих речовин становить 40–60 %, величина БСК знижується на 20–40 %. Споруди біологічного очищення забезпечують зниження показників забруднень (після аеротенків або біофільтрів і вторинних відстійників) за речовинами і за БСК₅ до 15 – 20 мг/л. У технологічних схемах біологічного очищення застосовують біофільтри при витратах стічних вод 10 – 20 тис. м³/добу, аеротенки – при витратах від 20 тис. м³/добу.

Завдання до теми

Запропонувати найоптимальніший варіант очищення стічних вод (за окремим завданням).

Контрольні питання

1. З якою метою проводять очищення стічних вод?

2. Як класифікують способи очищення стічних вод і в яких випадках їх застосовують?

Література:[1, с. 200–297; 5, с. 60–90; 8, с. 110–170; 9, с. 160–180; 13, с. 80–160; 14, с. 201–460; 15, с. 100–400; 19, с. 152–301; 23, с. 50–110; 25; 26, с. 180–200; 30, с. 70–400; 32; 39; 40, с. 160–310; 41; 42, с. 110–160].

2 КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ ЗНАНЬ СТУДЕНТІВ

А 5 (відмінно) 90–100

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

В 4,5 (добре) 85–89

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

С 4 (добре) 75–84

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

D 3,5 (задовільно) 65–74

Студент відтворює значну частину теоретичного матеріалу із закономірностей спадковості чи мінливості, виявляє знання і розуміння основних положень, з допомогою викладача може аналізувати матеріал, виправляти помилки, серед яких є значна кількість суттєвих. За допомогою викладача може підготувати реферативну роботу.

E3 (задовільно) 60–64

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

FX 2 (незадовільно) 35–59

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

X1 (незадовільно) 1–34

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

Підсумковий контроль з дисципліни здійснюється у вигляді екзамену, що проводиться після закінчення другого семестру (закінчення курсу). Отриману

кількість балів переводять у національну шкалу відповідно до таблиці та виставляють у екзаменаційну відомість:

Оцінка за 100-бальною шкалою	Оцінка за національною шкалою
90–100	відмінно
82–89	добре
74–81	
64–73	задовільно
60–63	
35–59	незадовільно з можливістю повторного складання
0–34	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Екологічна біотехнологія : навч. посібник / [О. В. Швед, О. Б. Миколів, О. З. Комаровська-Порохнявець, В. П. Новіков]. – Кн. 1. – Львів : Львівська політехніка, 2010. – 424 с.
2. Екологічна біотехнологія : навч. посібник / [О. В. Швед, О. Б. Миколів, О. З. Комаровська-Порохнявець, В. П. Новіков]. – Кн. 2. – Львів : Львівська політехніка, 2010. – 368 с.
3. Экологическая биотехнология ; [пер. с англ.] ; под ред. К. Ф. Форстера, Д. А. Дж. Вейза. – Л. : Химия, 1990. – 384 с.
4. Сассон А. Биотехнология: свершения и надежды : [пер. с англ.] ; под ред., с предисл. и дополн. В. Г. Дебабова. – М. : Мир, 1987. – 422 с.
5. Герасименко В. Г. Биотехнология : учеб. пособие / В. Г. Герасименко. – К. : Выща шк. Головное изд-во, 1989. – 343 с.
6. Терещук А. И. Исследование и переработка осадков сточных вод / А. И. Терещук. – Львов : Вища шк., Изд-во при Львов. ун-те, 1988. – 148 с.

7. Чурбанова И. Н. Микробиология : [учеб. для вузов по спец. «Рациональное использ. водных ресурсов и обезвреживание пром. стоков»] / И. Н. Чурбанова. – М. : Высш. шк., 1987. – 239 с.
8. Бекер М. Е. Биотехнология / М. Е. Бекер, Г. К. Лиепиньш, Е. П. Райпулис. – М. : Агропромиздат, 1990. – 334 с.
9. Никитин Г. А. Метановое брожение в биотехнологии / Г. А. Никитин. – К. : Выща шк., 1990. – 207 с.
10. Варфоломеев С. Д. Биотехнология : Кинетические основы микробиологических процессов / С. Д. Варфоломеев, С. В. Калюжный. – М. : Высш. шк., 1990. – 296 с.
11. Голубовская Э. К. Биологические основы очистки воды / Э. К. Голубовская. – М. : Высш. шк., 1978. – 271 с.
12. Яковлев С. В. Канализация / С. В. Яковлев, Ю. М. Ласков. – М. : Стройиздат, 1987. – 319 с.
13. Родионов А.И. Техника защиты окружающей среды / А. И. Родионов, В. Н. Клушин, Н. С. Торошечников : учебник для вузов ; 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Химия, 1989. – 512 с.
14. Вронский В. А. Прикладная экология : учебное пособие / В. А. Вронский. – Ростов н/Д. : Изд-во «Феникс», 1996. – 512 с.
15. Мазур И. И. Курс инженерной экологии : учеб. для вузов / И. И. Мазур, О. И. Молдаванов ; под ред. И. И. Мазура. – М. : Высш. шк., 1999. – 447 с.
16. Мацнев А. И. Водоотведение на промышленных предприятиях / А. И. Мацнев. – Львов : Вища шк., 1986. – 200 с.
17. Степановских А. С. Охрана окружающей среды : учебник для вузов / А. С. Степановских. – М. : ЮНИТИ-ДАНА, 2000. – 559 с.
18. Карюхина Т. А. Химия воды и микробиология : учебник / Т. А. Карюхина, И. Н. Чурбанова. – М. : Стройиздат. 1974. – 224 с.
19. Корте Ф. Экологическая химия : пер. с нем. / Ф. Корте, М. Бахадир, В. Клайн, Я. П. Лай, Г. Парлар, И. Шайнерт ; под ред. Ф. Корте. – М. : Мир, 1997. – 396 с.

20. Запольський А. К. Фізико-хімічні основи технології очищення стічних вод : підручник / А. К. Запольський, Н. А. Мішкова-Клименко, І. М. Астрелін, М. Т. Брик, П. І. Гвоздяк, Т. В. Князькова. – К. : Лібра, 2000. – 552 с.
21. Яковлев С. В. Очистка производственных сточных вод : учеб. пособие для вузов / С. В. Яковлев, Я. А. Карелин, Ю. М. Ласков, Ю. В. Воронов ; под ред. С. В. Яковлева. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Стройиздат, 1985. – 335 с.
22. Ковалева Н. Г. Биохимическая очистка сточных вод предприятий химической промышленности / Н. Г. Ковалева, В. Г. Ковалев. – М. : Химия, 1987. – 160 с.
23. Василенко А. А. Водоотведение. Курсовое проектирование / А. А. Василенко. – Киев : Вища школа, 1988 – 255 с.
24. Кедров В.С. Водоснабжение и канализация : учебник для вузов / В. С. Кедров, П. П. Пальгунов, М. А. Сомов. – М. : Стройиздат. 1984. – 288 с.
25. Гвоздев В. Д. Очистка производственных сточных вод и утилизация осадков / В. Д. Гвоздев, Б. С. Ксенофонтов. – М. : Химия, 1988, 112 с.
26. Веселов Ю. С. Водоочистное оборудование / Ю. С. Веселов, И. С. Лавров, Н. И. Рукобратский. – Л. : «Машиностроение», 1985. – 230 с.
27. Евилевич А. З. Утилизация осадков сточных вод / А. З. Евилевич, М. А. Евилевич. – Л. : Стройиздат, Ленингр. отд-ние, 1988. – 248 с.
28. Туровский И. С. Обработка осадков сточных вод / И. С. Туровский. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Стройиздат, 1988. – 256 с.
29. Старинский В. П. Водозаборные и очистные сооружения коммунальных водопроводов / В. П. Старинский, Л. Г. Михайлик. – Минск : Вышейш. шк., 1989. – 270 с.
30. Проскуряков В. А. Очистка сточных вод в химической промышленности / В. А. Проскуряков, Л. И. Шмидт. – Л. : Химия, 1977. – 464 с.
31. Гомеля М. Д. Очисні споруди. Основи проектування : навч. посіб. / М. Д. Гомеля, Т. В. Крисенко, І. М. Дейкун. – К. : НТУУ «КПІ», 2007. – 170 с.

32. Гомеля М. Д. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з курсу «Очисні споруди. Основи проектування» / М. Д. Гомеля, О. В. Глушко, В. С. Камаєв. – К. : ТОВ «Інфодрук», 2012. – 173 с.
33. Запольський А. К. Водопостачання, водовідведення та якість води / А. К. Запольський. – К. : Вища школа, 2005. – 671 с.
34. Воронов Ю. В. Водоотведение и очистка сточных вод / Ю. В. Воронов, С. В. Яковлев. – М. : Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2006. – 704 с.
35. Кульский Л. А. Технология очистки природных вод / Л. А. Кульский, П. П. Строкач. – К. : Вища школа, 1986. – 352 с.
36. Ковальчук В. А. Очистка стічних вод / В. А. Ковальчук. – Рівне : ВАТ «Рівненська друкарня», 2003. – 622 с.

Додаткова:

37. Екологічний словник : навч. посібник / [В. В. Преждо, Г. А. Ткач, І. С. Кратенко, Ф. В. Ківва, В. В. Шило]. – Х. : ХДАМГ Міносвіти України, 1999. – 416 с.
38. Преждо В. В. Екологічний словник : навч. посібник / В. В. Преждо, Г. А. Ткач, І. С. Кратенко, Ф. В. Ківва, В. В. Шило. – Харків : ХДАМГ Міносвіти України, 1999. – 416 с.
39. Сытник К. М. Словарь-справочник по экологии / К. М. Сытник и др. ; под ред. К. М. Сытника. – Киев. : Наукова думка. 1994. – 665 с.
40. Пааль Л. Л. Справочник по очистке природных и сточных вод / Л. Л. Пааль, Я. Я. Кару, Х. А. Мельдер, Б. Н. Репин. – М. : Высш. шк., 1994. – 336 с.
41. Проектирование сооружений для очистки сточных вод : справочное пособие к СНиП. – М. : Стройиздат, 1990. – 190 с.
42. Жуков А. И. Методы очистки производственных сточных вод : справ. пособие / А. И. Жуков, И. Л. Монгайт, И. Д. Родзиллер ; под ред. А. И. Жукова. – М. : Стройиздат, 1977. – 204 с.

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

Укладачі: к. т. н., ст. викл. О. А. Саkun

к. т. н., доц. А. В. Пасенко

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

Підп. до др.2017. Формат 60x84 1/16. Папір тип. Друк ризографія.

Ум. друк. арк. _____. Наклад прим. Зам. № _____. Безкоштовно.

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