

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ХАРКІВСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ

МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА

І. О. Гуцал

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до самостійного вивчення дисципліни і виконання лабораторних робіт

***«ТЕХНОЛОГІЯ ОЧИСТКИ
ВОДНО-ДИСПЕРСНИХ СИСТЕМ»***

Модуль 2:

ТЕХНОЛОГІЯ ОЧИСТКИ СТІЧНИХ ВОД

(для студентів 4 курсу денної і заочної форм навчання напряму підготовки
0926 «Водні ресурси», 6.060103 «Гідротехніка (Водні ресурси)»
спеціальності «Водопостачання та водовідведення»)

**Харків
ХНАМГ
2009**

Методичні вказівки до самостійного вивчення дисципліни і виконання лабораторних робіт «Технологія очистки водно-дисперсних систем», Модуль 2: «Технологія очистки стічних вод» (для студентів 4 курсу денної і заочної форм навчання напряму підготовки 0926 «Водні ресурси», 6.060103 «Гідротехніка (Водні ресурси)» спеціальності «Водопостачання та водовідведення») / Харк. нац. акад. міськ. госп-ва; уклад.: І. О. Гуцал. – Х.: ХНАМГ, 2009. – 41 с.

Укладач: І. О. Гуцал

Рецензент: док., професор С. С. Душкін

Рекомендовано кафедрою водопостачання, водовідведення та очистки вод,
протокол № 1 від 29.08.2009 р.

ЗМІСТ

1. Вступ до самостійного вивчення дисципліни	4
ЗМ. 2.1. ОБГРУНТУВАННЯ МЕТОДУ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД.	6
Тема 1. Класифікація стічних вод і вплив збросу їх на водоймище.	6
Тема 2. Критерії оцінки забрудненості стічних вод	6
Тема 3. Водоймище, як приймач стічних вод	7
Тема 4. Самоочищення водоймищ та можливі методи їх оздоровлення. Умови спуску стічних вод у водоймище	8
Тема 5. Вибір методу та схеми очищення стічних вод	8
ЗМ. 2.2. МЕХАНІЧНЕ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД	9
Тема 6. Споруди для механічної очистки стічних вод	9
Тема 7. Попередня аерація та біокоагуляція	10
Тема 8. Методи очищення стічних вод підприємств	10
ЗМ. 2.3. БІОЛОГІЧНА ОЧИСТКА СТІЧНИХ ВОД	11
Тема 9. Біологічна очистка в природних та штучних умовах	11
Тема 10. Методи та споруди для доочищення стічних вод	12
Тема 11. Методи і споруди для обробки та знешкодження осаду	13
Тема 12. Способи та споруди для знезараження стічних вод	14
2. ВИДИ АНАЛІЗУ ВОДИ	15
2.1. Хімічний аналіз води	15
2.2. Технологічний аналіз води	20
3. ЛАБОРАТОРНІ РОБОТИ	22
3.1. Лабораторна робота № 1 Визначення оптимальної дози коагулянту	22
3.2. Лабораторна робота № 2 Визначення швидкості надходження кисню в аеротенку	26
3.3. Лабораторна робота № 3 Видалення органічних домішок з стічної води методом фільтрування через активоване вугілля	31
3.4. Лабораторна робота № 4 Побудова ізотерми адсорбції органічної речовини води	36
Додаток	40
Список літератури	41

Вступ

до самостійного вивчення дисципліни

Дисципліна „Технологія очистки водно-дисперсних систем” Модуль 2, „Технологія очистки стічних вод” належить до циклу професійно-орієнтованих дисциплін за напрямком підготовки 0926 – „Водні ресурси”, 6.060103 «Гідротехніка (Водні ресурси)» спеціальності 6.092600 – „Водопостачання та водовідведення”).

Предметом вивчення дисципліни є теорія, розрахунок і побудова споруд очистки і знешкодження промислових та побутових стоків, можливість утилізації висококонцентрованих компонентів, повторного використання очищених стічних вод.

Метою вивчення дисципліни є підготовка фахівця, який володітиме знаннями, пов'язаними з вирішенням питань проектування очисних установок і споруд. Вивчення сучасного стоку науки і техніки в області очистки промстоків, питання стандартизації, охорони праці й техніки безпеки.

Основні завдання дисципліни складаються з формування знань, що необхідні для виконання професійних завдань із спеціальності „Водопостачання та водовідведення”.

Основними завданнями, що мають бути вирішені в процесі викладання дисципліни, є теоретична і практична підготовка студентів з таких питань:

- сучасні проблеми охорони і раціонального використання водних ресурсів;
- вимоги до ступеня очищення виробничих стічних вод, їх складу та властивостей, призначених для повторного використання або зливу за межі підприємства;
- сучасні методи й споруди, що застосовуються при проектуванні очисних споруд;
- методи обробки промстоків;
- теоретичні основи всіх процесів, що використовуються у практиці

очистки стічних вод.

Для підготовки спеціаліста на рівні знань у програмі навчальної дисципліни „Технологія очистки водно-дисперсних систем”, Модуль 2, „Технологія очистки стічних вод” передбачений цикл лекцій у поєднанні з самостійною роботою студентів.

Формування рівня вмінь майбутнього спеціаліста здійснюється за допомогою проведення лабораторних робіт з головних тем дисципліни, проведенням практичних занять і виконання курсової роботи.

Рівень знань студентів підвищується при самостійній роботі, що забезпечується консультаціями викладача; завдання і самостійну роботу видають у ході лекцій і практичних занять.

Навчальна дисципліна „Технологія очистки водно-дисперсних систем”, Модуль 2, „ Технологія очистки стічних вод ” викладається студентам 4 курсу. Важливо, щоб у ході читання лекцій весь навчальний матеріал узгоджувався з раніше одержаними знаннями з курсів: „Інженерна гідравліка”, „Гідравлічні і аеродинамічні машини” „ Насосні і повітродувні станції”, „Технічна механіка рідини і газу”.

Поточний контроль знань студентами здійснюється при проведенні трьох контрольних робіт за основними темами. Підсумковий зміст з дисципліни виконують у формі екзамену.

У ході практичних занять студенти повинні навчитися використовувати літературу, довідники, з поліпшення якості води.

ЗМ.2.1. ОБГРУНТУВАННЯ МЕТОДУ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД

ТЕМА 1. Класифікація стічних вод і вплив збросу їх на водоймище

Комплексне вирішення проблем водопостачання, обводнення, каналізації та очистки стічних вод в містах і різних галузях промисловості.

Досягнення вітчизняної і закордонної науки в області очистки міських і промислових стічних вод.

Склад та властивості стічних вод.

Контрольні питання

1. Який стан проблеми очистки стічних вод у містах і різних галузях промисловості.
2. Роль вчених України у вирішенні проблеми очистки стічних вод.
3. Перші свідомості про очисні споруди стічних вод.
4. Зміст та властивості стічних вод і осадів.
5. Як визначити розчинені речовини в стічній воді?
6. Сформулюйте визначення гідрофільних та гідрофобних колоїдів. Чим вони різняться?

ТЕМА 2. Критерії оцінки забрудненості стічних вод

Система контролю за стоком водоймищ. Основні шляхи вирішення проблеми охорони водоймищ і очищення стічних вод. Процеси нітрифікації і денітрифікації, їхнє значення.

Контрольні питання

1. Основні нормативні акти про охорону поверхневих та підземних джерел від забруднення.
2. Проаналізувати процеси нітрифікації і денітрифікації, їхнє значення.
3. Яка кількість нітратів служить показником закінчення очищення стічних вод?
4. Сутність процесу окислювання азотоамонійних солей.
5. Як протікають процеси нітрифікації?

ТЕМА 3. Водоймище - приймач стічних вод

Найбільш небезпечним забрудненням стічної води є органічні забруднення, тому що вони є сприятливою умовою для розвитку бактерій. Аеробні процеси використовують для очищення стічної води від органічних сполук, що знаходяться в розчиненому і колоїдному вигляді. Анаеробні процеси використовують для обробки і зневоднювання осаду (денітрифікації, шумування). При надходженні органічних забруднень відбувається їхнє окислювання з використанням розчинного кисню - біохімічне окислювання. Реаерація. Біохімічна потреба в кисні. Хімічна потреба в кисні. Бактеріальні і біологічні забруднення. Колі-титр та колі-індекс. Активна реакція СВ. Відносна стабільність стоку. Концентрація зважених речовин у побутових стічних водах.

Визначити середню концентрацію зважених речовин суміші побутових і виробничих стічних водах.

Контрольні питання

1. Обґрунтувати аеробний і анаеробний процеси. Споживання і розчинність кисню у воді водойми.
2. Дати оцінку БПК і ХПК, їхня характеристика.
3. Як залежить концентрація стічної води за БПК₂₀ від норм водовідведення?
4. Як визначити ХПК пробу стічної води?
5. Сформулюйте закон кількості кисню, що необхідний для окислювання органічної речовини.
6. Сутність процесу дефіциту кисню у водойму.
7. Поясніть схему зміни балансу у водоймі при одночасному процесі споживання і розчинення кисню.
8. Охарактеризуйте відносну стабільність стоку.
9. Як визначають початок загнивання проби стічних вод?
10. Як визначити середню концентрацію зважених речовин суміші побутових і виробничих стічних водах?

ТЕМА 4. Самоочищення водоймищ та можливі методи їх оздоровлення.

Умови спуску стічних вод у водоймище

Забруднення водоймищ. Процеси самоочищення водоймищ. Споживання та розбавлення і ступеня очистки стічних вод у водоймищах. Споживання та розчинення кисню у воді водоймища. Вплив температури, випадального осаду і бактеріологічного забруднення радіоактивними речовинами. Використання водоймищ питного, культурно-побутового та рибогосподарського призначення.

Контрольні питання

1. Дати оцінку БПК і ХПК, їхня характеристика.
2. Визначити концентрацію загнивання.
3. Обґрунтувати відносну стабільність стічних вод.
4. Зміст і властивості стічних вод і осадів.
5. Умови розчинення і споживання кисню.
6. Біохімічні й хімічні потреби у кисневій.
7. Бактеріальне забруднення стічних вод.
8. Розрахунок необхідного ступеня очистки стічних вод.

ТЕМА 5. Вибір методу й схеми очищення стічних вод

Решітки, дробарки. Їх розрахунок.

Контрольні питання

1. В яких спорудах відбувається механічна очистка стічних вод?
2. Схема механічної очистки стічних вод.
3. Які типи решіток використовуються на очисних спорудах стічних вод?
4. Яка кількість відходів, що затримуються на решітках?
5. Які типи дробарок використовують на очисних спорудах?

ЗМ.2.2. МЕХАНІЧНЕ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД

ТЕМА 6. Споруди для механічної очистки стічних вод

Технологічна схема, оцінка роботи піскоуловлювача - визначення кількості затриманого піску, його фракційного складу, визначення кількості піску, який виноситься із піскоуловлювача.

Відстійники горизонтальні, вертикальні, радіальні. Конструкції і методи їх розрахунку. Переваги і недоліки різних типів відстійників. Технологія оцінки роботи різних типів відстійників. Ефект зниження концентрації завислих речовин. БПК та інших показників в процесі механічної очистки стічних вод. Техніко-економічні умови використання та експлуатації відстійників.

Контрольні питання

1. Які споруди для механічної очистки бувають?
2. Конструктивні особливості піскоуловлювачів.
3. Як збирається піщана пульпа зі дна піскоуловлювача?
4. Переваги і недоліки тангенціального піскоуловлювача.
5. Схема установки аераторів в аерируємом піскоуловлювачі.
6. Розрахунок піскових площадок та бункерів.
7. Конструктивні особливості відстійників.
8. Як визначити кількість осаду, випадаючого у відстійнику?
9. Які переваги конструкції вертикального відстійника з низ ходячим потоком стічних вод.?
10. Які пристрої використовуються для видалення завислих грубо дисперсних домішок?
11. Тонкослойний відстійник, його переваги та недоліки.

ТЕМА 7. Попередня аерація та біокоагуляція

Преаерація, біокоагуляція, працюючі на активному мулі та біоплівці, освітлювачі з природною аерацією.

Конструкції та технічні параметри. Основні предпосилки для використання преаерації та біокоагуляції.

Контрольні питання

1. Який процес в очистці стічних вод називається біокоагуляцією?
2. В яких спорудах використовують попередню аерацію стічних вод?
3. Біокоагулятор. Принцип його роботи.

ТЕМА 8. Методи очищення стічних вод підприємств

Хімічна очистка виробничих стічних вод. Методи хімічної очистки. Реагентний, взаємним змішуванням, фільтрацією через нейтралізуючі засипки, окислення, електрохімія. Реагенти, визначення їх витрат. Реагентні установки. Реактори-нейтралізатори, змішуючі пристрої, контактні резервуари, освітлювачі із завислим шаром.

Контрольні питання

1. Класифікація стічних вод промпідприємств.
2. Використання води для охолодження закритої теплообмінної апаратури.
3. Безпосереднє охолодження технологічних і відхідних газів та вентиляційних викидів.
4. Механічна й хімічна очистка виробничих стічних вод.
5. Які споруди для механічної очистки і снують?
6. Проаналізуйте існуючі реагентні установки. Реагенти, визначення їх витрат.

ЗМ. 2.3. БІОЛОГІЧНА ОЧИСТКА СТІЧНИХ ВОД

ТЕМА 9. Біологічна очистка у природних та штучних умовах

Обґрунтування біологічного очищення у природних та штучно створених умовах. Сутність процесу. Споруди.

Поля зрошення і поля фільтрації. Класифікація полів зрошення. Обґрунтування пристроїв полів зрошення і фільтрації. Норма навантаження. Допоміжні споруди.

Сутність процесу очищення в аеротенках. Принцип роботи аеротенків різних типів. Розрахунок аеротенків

Біологічні фільтри, їх побудова й конструкція. Сутність роботи біофільтрів. Характеристика біологічної плівки. Окислювальна потужність. Будова і розрахунок крапельних і високонавантажених біологічних фільтрів, біофільтрів з пластмасовим вантаженням. Постачання повітря в біофільтри. Види завантаження і порядок її укладки. Розподіл стічних вод по поверхні біофільтрів. Техніко-економічні показники роботи біологічних фільтрів.

Контрольні питання

1. Обґрунтувати біологічне очищення стічних вод у природних та штучно створених умовах. Сутність процесу.
2. Проаналізувати поля зрошення і поля фільтрації. Класифікація полів зрошення.
3. Обґрунтувати будову полів зрошення і фільтрації. Норма навантаження. Допоміжні споруди.
4. Дати оцінку методам біологічного очищення. Сутність.
5. Обґрунтувати сутність процесу очищення в аеротенках. Охарактеризуйте активний мул, його склад.
6. Класифікація методів аерації рідини в аеротенках.
7. Від чого залежить окислювальна потужність аеротенка?
8. Які основні схеми аеротенків, що які використовують у складі станції для біологічної очистки стічних вод, ви знаєте?

9. Від чого виникає „набухання” активного мулу?
10. Перелічіть недоліки у роботі одноступінчастих аеротенків.
11. Коли використовують циркуляційні окислювальні канали (ЦОК)?
12. Дати оцінку конструкції аеротенків, що розрізняються за структурою потоків.
13. Проаналізувати способи пневматичної аерації.
14. Коли вперше були використані біофільтри?
15. Класифікація біофільтрів.
16. Визначення окислювальної потужності біофільтрів.
17. Які конструктивні особливості високонавантажених біофільтрів?
18. Як визначити об'єм фільтруючого матеріалу в біофільтрі?
19. Схема одноступінчастої роботи біофільтра з рециркуляцією.
20. Види завантажувального матеріалу біофільтра.

ТЕМА 10. Методи й споруди для доочищення стічних вод

Класифікація біологічних ставків. Основні параметри. Конструкція ставків для доочистки очищених стічних вод.

Доочистка стічних вод на фільтрах. Принцип фільтрації. Фільтри з насипним вантаженням фільтруючого матеріалу (піщані, вугільні, коксові).

Принципи контролю і керування експлуатацією фільтрів. Обладнання, установки.

Споруди для підготовки промислових стічних вод до повторного використання.

Контрольні питання

1. Дати оцінку біологічним ставкам. Класифікація. Основні параметри.
2. Дати оцінку ставкам для доочистки очищених стічних вод.
3. Обґрунтувати сутність процесу очищення стічних вод на фільтрах.
4. Дати оцінку конструкціям фільтрів. Обладнання, установки.
5. Які схеми існують для підготовки промислових стічних вод до повторного використання.

ТЕМА 11. Методи і споруди для обробки та знешкодження осаду

Характеристика осаду, його склад. Схема обробки осадів на станціях аерації.

Септики і двоюрисні відстійники. Типи метантенків, їх призначення, конструкція і розрахунок. Склад виділюваного газу та його використання. Вологість і зольність сирих і зброджених осадів. Аеробна стабілізація осаду. Вплив ПАВ на процес анаеробного зброджування. Техніко-економічне порівняння та обґрунтування виробу температурного режиму процесу зброджування. Використання осадів стічних вод для сільськогосподарських цілей.

Мулові майданчики на звичайній і штучній основі. Механічне зневоднення сирих і зброджених осадів. Підготовка осаду до вакуум-фільтрації - промивка, ущільнення, обробка реагентами. Вакуум-фільтри, центрифуги, фільтрпреси, фільтроцикли. Конструкція апаратів. Технологічні параметри роботи. Принцип розрахунку. Спалювання осадів.

Контрольні питання

1. Охарактеризуйте органічний склад осаду стічних вод. Яку небезпеку в санітарному стані несе сирий осад?
2. Як відбувається розпад органічної речовини шляхом аеробного зброджування?
3. Які споруди використовують для обробки осадів стічних вод?
4. У чому сутність термофільного й мезофільного зброджування осаду?
5. Принципи роботи септика і двоюрисного відстійника
6. Від чого залежить хід розпаду органічних речовин?
7. Перелічить переваги освітлювача-перегнівача у порівнянні з двоюрисним відстійником.
8. Охарактеризуйте роботу споруд з обробки осаду.
9. Як визначити кількість газу, що виділяється у завантаженому осаді?
10. Перелічить конструкції метантенків, що використовуються у даний час.
11. Які методи боротьби з коркоутворенням в метантенках використовують у сучасних конструкціях метантенків?

12. Зневоднення осадів на вакуум-фільтрах.
13. Зневоднення осадів на фільтрпресах.
14. Зневоднення осадів на центрифугах.
15. Санітарно-бактеріологічна й санітарно-паразитологічна оцінка осадів стічних вод.
16. Застосування осадів стічних вод у сільському господарстві.
17. Принцип розрахунку процесу центрифугування.
18. Розрахунок фільтроциклів і циклонів.

ТЕМА 12. Способи й споруди для знезараження стічних вод

У чому полягає суть знезараження стічних вод. Способи знезараження стічних вод. Озонування. Принцип процесу. Типи озонаторів.

Розрахунок навантаження. Сфери використання. Доцільний напрямок використання озонування. Техніко-економічна характеристика.

Контрольні питання

1. У чому полягає суть знезараження стічних вод?
2. Які є способи знезараження стічних вод?

2. ВИДИ АНАЛІЗУ ВОДИ

До основних аналізів води відносяться хімічний, бактеріологічний і технологічний.

2.1. Хімічний аналіз води

Хімічний аналіз ділиться на якісний і кількісний.

Завдання якісного аналізу води – встановлення якісного складу її домішок. Кількісний аналіз дозволяє оцінити кількісний вміст домішок у воді.

Якісний аналіз дає відповідь типу "так", "ні". Його здійснюють збільшенням у досліджуваній пробі води реактиву (реагенту), який вступає з певним з'єднанням в реакцію, що супроводжується характерною зміною системи (поява або зміна забарвлення, помутніння).

У ряді випадків проведення якісного аналізу буває достатнім, щоб встановити придатність води для тієї або іншої мети. Наприклад, у воді, використовуваній для виробництва кіноплівки, повинне бути повністю відсутнє залізо. Якщо аналіз показує наявність у воді заліза, то це – однозначна відповідь про непридатність такої води для вказаної мети.

Якісний аналіз надає також велику допомогу у виборі правильного методу кількісного аналізу. Більшість кількісних методів визначення приводять до помилкових результатів у присутності інших елементів, що "заважають". Якісний аналіз, виявляючи елементи, що "заважають", допомагає відповідним чином змінити основний хід роботи так, щоб подолати цей вплив.

Найбільш поширеними методами кількісного аналізу є гравіметричний, об'ємний і фізико-хімічний.

Гравіметричний аналіз здійснюють шляхом додавання у пробу води надлишку реактиву, який утворює з визначуваною речовиною малорозчинне з'єднання, випадаюче в осад. Осад фільтрують, висушують, визначають його масу.

Характерна особливість гравіметричного аналізу – додавання до проби води надлишку реактиву для забезпечення повноти реакції його з визначуваним компонентом. Реактив повинен вибірково реагувати тільки з визначуваним компонентом.

Гравіметричний аналіз досить громіздкий і вимагає значних витрат часу для отримання результату.

Принцип об'ємного аналізу полягає в тому, що визначувана речовина вступає в хімічну взаємодію з реактивом, який додають у пробу у вигляді розчину точно відомій концентрації (титруючи розчин) і в кількості, строго еквівалентній кількості визначуваної речовини. Процес приливу реактиву до води називають титруванням. Про кінець реакції між титруючим розчином реактиву і визначуваною речовиною судять за зміною забарвлення індикатора, який вводять у пробу води як допоміжний реактив.

Для обчислення результату аналізу необхідно знати точні об'єми розчинів речовин, які беруть участь в реакції (титруючого розчину і проб води). Формула для розрахунку має наступний вигляд

$$X = \frac{V_1 N E \cdot 1000}{V} \quad (2.1)$$

де X – кількість визначуваної речовини, мг/дм³;

V_1 – об'єм титруючого розчину, витрачений на титрування проби досліджуваної води, см³;

N – нормальність титруючого розчину;

E – міліграм-еквівалент визначуваної речовини;

V – об'єм досліджуваної води, взятий для титрування, см³.

У тих випадках, коли визначувана речовина міститься у воді в малих кількостях, найбільш придатними є методи фізико-хімічного аналізу. Найбільше розповсюдження мають методи колориметрії і нефелометрії.

У методах колориметрії концентрацію визначуваної речовини, якщо вона забарвлена, можна встановити безпосередньо, порівнюючи інтенсивність забарвлення із стандартом (тобто з розчином з відомою концентрацією визначуваної речовини). В інших випадках в досліджувану воду додають реактив, який, вступаючи в реакцію з визначуваною речовиною, утворює забарвлене з'єднання. Порівнюючи забарвлення досліджуваної води із стандартом (в який

доданий той же реактив), встановлюють концентрацію визначуваної речовини, абсолютне значення якої знаходять за допомогою градіривочного графіка.

При порівнянні інтенсивності забарвлень використовують головним чином наступні методи: метод колірної шкали, метод зрівнювання забарвлень, фото колориметричний.

У методі колірної шкали забарвлення досліджуваною проба води порівнюють із забарвленнями серії стандартних розчинів, приготовлених тим же способом. Аналіз проводять у скляних посудинах, заповнених досліджуваною водою і стандартними розчинами. Концентрація визначуваної речовини у воді буде рівна концентрації стандартного розчину, з кольором якого співпадає колір проби води.

У методі зрівнювання забарвлень порівнюють інтенсивність забарвлень проби води і стандартного розчину, які можуть значно розрізнятися. Порівняння проводять у спеціальних колориметричних циліндрах (циліндри Генера) з кранами, розташованими в нижній частині циліндра. Висоту стовпа рідини в кожному циліндрі шляхом відливання регулюють так, щоб інтенсивності забарвлень в обох циліндрах при розгляді рідин зверху зрівнялися.

Досягнувши однакової інтенсивності забарвлень, одержуємо співвідношення $C_{cm}h_{cm}=C_g h_g$ і , $C_g = \frac{C_{cm} \cdot h_{cm}}{h_g}$,

де C_{cm} і C_g – концентрації відповідно стандартного розчину і досліджуваної води;

h_{cm} і h_g – висота стовпчика відповідно стандартного розчину і води.

Фото колориметричний метод визначення концентрації речовини заснований на вимірюванні інтенсивності світлового потоку (коефіцієнта пропускання), що пройшов через забарвлений розчин.

Для вимірювання коефіцієнта світло пропускання використовують фотоколориметри різних моделей (ФЕК, КФК-2, КФО та ін.).

Проведення фото колориметричних вимірювань на колориметрі фотоелектричному однопроменевому (КФО) полягає у вимірюванні відношення

двох світлових потоків – повного і такого, що пройшов через вимірюване середовище.

На фотоприймач по черзі спрямовують світлові потоки: повний Φ_0 і пропущений через досліджувану пробу води Φ .

Коефіцієнт світло пропускання τ досліджуваної води, що є відношенням цих потоків, визначають у вигляді відношення відповідних фотострумів I безпосередньо за шкалою мікро амперметра (рис. 1), тобто

$$\tau = \frac{I}{I_0} 100\%, \quad (2.2)$$

де I – фотострум, відповідний світловому потоку Φ , що пройшов через досліджувану воду;

I_0 - фотострум, відповідний повному світловому потоку Φ_0 .

Проведенню вимірювань передусє підбір поглиначів (світлофільтрів) і вимірювальних кювет. Наявність комплекту поглиначів і кювет дозволяє підібрати такі умови для вимірювань, коли похибка у визначенні концентрації буде найменшою.

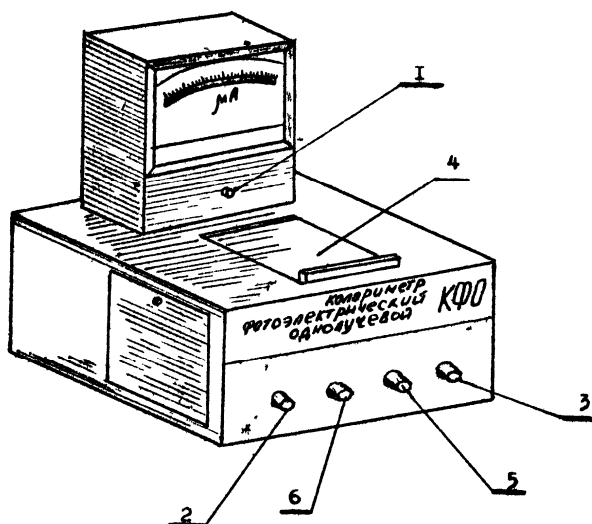


Рис. 1 - Зовнішній вигляд приладу

Вимірювання коефіцієнта пропускання (рис. 1). Рукояткою "Поглиначі" 2 вводять заздалегідь підібраний поглинач, потім рукояткою "Установка нуля" 3 на шкалі мікро амперметра I встановлюється нуль при відкритій кришці 4

кюветного відділення. У кюветне відділення встановлюється підібрана кювета з дистилюючою водою, в яку додані всі необхідні для аналізу реактиви. Кришка кюветного відділення закривається і за допомогою рукоятки "Установка 100" 5 виставляють відлік 100 на шкалі приладу.

Потім в кюветное відділення встановлюють кювету з досліджуваною водою, в яку додані всі необхідні реактиви. Перемикання кювет в світловому пучку проводиться поворотом рукоятки "Кювета" 6 до упору. Кришка 4 закривається і знімається відлік μ за шкалою 1. Відлік μ відповідає коефіцієнту пропускання τ вимірюваного зразка води, вираженому в %.

Заздалегідь будують градуїровочну криву. Для цього готують ряд розчинів визначуваної речовини з відомими концентраціями. Потім вимірюють коефіцієнти пропускання τ і по них, користуючись табл. 1, визначають оптичну щільність D всіх розчинів. Відкладаючи по горизонтальній осі відомі концентрації розчинів, а по вертикальній - відповідні їм значення оптичної щільності, будують градуїровочну криву.

Таблиця 1

D	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
0,0	100	97,7	95,5	93,3	91,2	89,1	87,1	85,1	83,2	81,3
0,1	79,4	77,6	75,9	74,1	72,4	70,8	69,2	67,6	66,1	64,6
0,2	63,1	61,7	60,3	58,9	57,5	56,2	54,9	53,7	52,5	51,3
0,3	50,1	49,0	47,9	46,8	45,7	44,7	43,7	42,7	41,7	40,7
0,4	39,8	38,9	38,0	37,1	36,3	35,5	34,7	33,9	33,1	32,4
0,5	31,6	30,9	30,2	29,5	28,8	28,2	27,5	26,9	26,3	25,7
0,6	25,1	24,5	24,0	23,4	22,9	22,4	21,9	21,4	20,9	20,4
0,7	19,9	19,5	19,1	18,6	18,2	17,8	17,4	17,0	16,6	16,2
0,8	15,8	15,5	15,1	14,8	14,5	14,1	13,8	13,5	13,2	12,9
0,9	12,6	12,3	12,0	11,7	11,5	11,2	11,0	10,7	10,5	10,2
1,0	10,0	9,8	9,5	9,3	9,1	8,9	8,7	8,5	8,3	8,1

Примітка. У першому стовпці таблиці наведені значення оптичної щільності D через 0,1, а у верхньому рядку, вміщені її соті частки. На перетині рядка із стовпцем наведені відповідні значення коефіцієнта пропускання τ в %.

Градуїровочну криву потім використовують для визначення невідомої концентрації речовини в досліджуваній воді. Для цього досліджувану воду з доданими реагентами наливають в ту ж кювету, для якої побудована градуїровочна крива, і, включивши той же поглинач (світлофільтр), вимірюють коефіцієнт пропускання і визначають оптичну щільність за табл. 1. Потім по градуїровочною кривою знаходять концентрацію шуканої речовини, відповідну набутому значенню оптичної щільності.

2.2. Технологічний аналіз води

У сучасних умовах отримання води заданої якості здійснюють за складною хімічною технологією, що використовує безліч різних реагентів, матеріалів, фізичних агентів і різноманітних споруд. У результаті цих дій властивості води зазнають значних змін, які необхідно враховувати, щоб забезпечити необхідний ефект очищення. Ці так звані технологічні властивості води, визначаються методами технологічного аналізу. За допомогою технологічного аналізу з декількох можливих методів коректування того або іншого показника якості води вибирають найбільш ефективний і економічний, встановлюють необхідну дозу реагенту, визначають кінетику осадження суспензій, швидкості протікання води в різних спорудах, динаміку зростання втрат натиску у фільтрувальних спорудах і т.д. Незнання технологічних властивостей води може привести до серйозних помилок при проектуванні водо підготовчих станцій.

При реалізації найбільш поширених технологічних схем очищення води необхідно мати дані про наступні параметри, що характеризують технологічні властивості води: коагулювання, знебарвлення, завислі речовини, фільтрування, знезалізнення, пом'якшення, стабільність, хлорування. Ці дані отримують в результаті технологічного аналізу води. Якість води, як вже вказувалося, визначається її складом, концентрацією і властивостями домішок, що містяться в ній. Ознайомившись з фізичними і хімічними показниками якості води, освоївши методи їх визначення, студенти повинні уміти визначати склад домішок води і їх концентрацію. Проте цих відомостей недостатньо, щоб кваліфіковано

запроектувати технологічну схему обробки води з метою поліпшення її якості, підібрати і розрахувати споруди, в яких ця технологія здійснюватиметься. Відомості про фізичні і хімічні показники якості води повинні бути доповнені технологічними показниками, які встановлюють за допомогою технологічного аналізу.

Технологічний аналіз проводиться:

- для визначення властивостей води при дослідженні джерела водопостачання і проектування споруд, для коректування якості води;
- з метою контролю показників якості води в процесі її обробки.

Сучасна водо підготовка – це складна хімічна технологія, в якій для обробки води використовують різні реагенти, матеріали, фізичні дії і безліч різноманітних пристроїв. Від характеру взаємодії домішок води з використовуваними речовинами залежить ефективність підготовки води різного призначення.

У даний час важко передбачити поведінку домішок води в процесі її обробки. Такі дані можна отримати, визначивши в результаті технологічного аналізу так звані технологічні властивості води.

За допомогою технологічного аналізу встановлюють оптимальні дози реагентів для обробки води, що забезпечують якнайкращий ефект очищення і економічність процесів; визначають кінетику осадження суспензій, що дозволяє розрахувати об'єм і розміри очисних споруд; підбирають оптимальні швидкості протікання води в різних водо оброблювальних пристроях; забезпечують вибір з декількох можливих методів коректування показника якості води найбільш ефективного і економічного і т.п.

У практиці водо підготовки широко використовують технологічний аналіз води, що включає пробну коагуляцію, хлорування, зм'якшування, знезалізнення, стабілізацію та інші визначення.

Обсяг аналізу встановлюють відповідно до наміченої або вироблюваної обробки води.

Технологічний аналіз проводять при тій температурі, при якій передбачається вести процес обробки води у виробничих умовах.

3. ЛАБОРАТОРНІ РОБОТИ

3.1. Лабораторна робота № 1

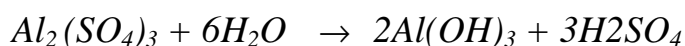
Визначення оптимальної дози коагуляції

Для видалення з води речовин, що обумовлюють кольоровість і каламутність, застосовують обробку води коагуляцією. Як коагулянти використовують солі алюмінію і заліза: сульфат алюмінію, сульфат заліза (II), сульфат заліза (III), хлорид алюмінію, хлорид заліза (III), змішану коагуляцію, що складається з сульфату алюмінію і хлориду заліза, взятих в співвідношенні 1:1 або 1:2.

Коагуляції є солями сильних кислот і слабких основ, тому при введенні у воду вони гідролізуються.

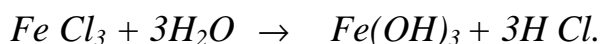
Гідролізом називається обмінна реакція між катіонами і аніонами солі і води, при якій відбувається зв'язування продуктів розкладання з одним або обома іонами води з утворенням малодиссоційованих або важкорозчинних гідроокислів. Гідроліз солей супроводжується зміною рН середовища:

пряма реакція



зворотна реакція

↓



Реакції гідролізу оборотні. Тому щоб забезпечити повноту протікання гідролізу (пряма реакція), необхідно зв'язувати (нейтралізувати) кислоти, що утворюються. Цю функцію виконують присутні в природних водах гідрокарбонат-іони, що визначають природну лужність води:



Якщо лужність оброблюваної води невелика, то кислота, що утворюється при гідролізі коагуляції, може бути нейтралізована неповністю. Наслідком цього є погіршення процесу утворення пластівців поява у воді залишкового алюмінію або заліза. Щоб уникнути цього воду додатково підлужнюють введенням $Ca(OH)_2$ або соди Na_2CO_3 .

Гідроксиди алюмінію і заліза малорозчинні у воді і виділяються з неї у

вигляді колоїдних позитивно заряджених частинок з великою сумарною площею поверхні.

Гумусові речовини, що додають воді забарвлення, і частинки порід і ґрунтів, що визначають її каламутність, є негативно заряджені колоїди. Зважаючи на різницю зарядів, ці дві системи взаємодіють: на позитивно зарядженій поверхні гідроксидів добре адсорбуються гумусові речовини, а самі частинки гідроксидів адсорбуються на поверхні ґрунтових, глинистих та інших зважених частинок.

Разом з тим наявність у воді негативно заряджених іонів приводить до коагуляції колоїдних частинок гідроксидів, тобто відбувається зниження їх заряду і втрата ними стійкості. У результаті цього частинки починають злипатися один з одним, що приводить до освітлення „ мостиків ” між зваженими частинками домішок. Ці "містки" немовби "зшивають" зважені частинки між собою, утворюючи так звану понадміцеллярну структуру. Остання, під впливом гідродинамічних сил потоку розривається в найбільш слабких місцях, слідством чого є утворення мікро пластівців, які потім укрупнюються при взаємних зіткненнях. Осадження такої коагульованої суспензії приводить до видалення з води речовин, що надають їй каламутність і кольоровість.

Для успішного протікання процесу необхідно правильно вибрати дозу коагуляції. Оптимальною називається та найменша доза коагуляції, яка забезпечує кольоровість очищеної води < 20 град. при мінімальній її каламутності і хорошому утворенні пластівців (достатньо швидке утворення крупних, добре осідаючих пластівців). Оптимальна доза коагуляції залежить від величини і природи кольоровості оброблюваної води, її каламутності, лужності і температури. Оптимальну дозу визначають у процесі пробної коагуляції води різними дозами коагуляції.

Схема установки

Установка складається з магнітної мішалки 1 і колби 2 з випробуваною водою і реагентами, яка встановлюється на основі 3 корпусу магнітної мішалки. Всередину колби опускають перемішувачий стрижень 4. Корпус мішалки заземляють, після чого мішалку включають в мережу напругою 220 вольт. Для

приєднання заземлюючого дроту на задній стінці корпусу розташована клема. Стрижень 4 приводять в обертання за допомогою тумблера 5. Для збільшення швидкості обертання стрижня рукоятку 6 повертають за годинниковою стрілкою і встановлюють на середині шкали швидкості обертання магнітного стрижня. Це відповідає приблизно 800 об/хв магнітного стрижня.

Тумблер 7 призначений для включення електрообігріву. Для обертання магніту від само розмагнічування до мішалки додають сталеве кільце, яке концентрично накладають на основу корпусу при не вимкненому апараті.

Для виконання роботи готують колбу з випробовуваною водою, закритою пробкою; мірні циліндри на 250 мл – 7 шт., плоскодонні колби – 2-3 шт. місткістю 500 мл.; піпетки на 1 і 5 мл., пісочний годинник на 3 хвил.; секундомір; розчин $Al_2(SO_4)_3$ концентрацією 20 г/л (готується розчиненням 39г $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18 H_2O$ в 1 л води); 5%-ного розчину $NaOH$.

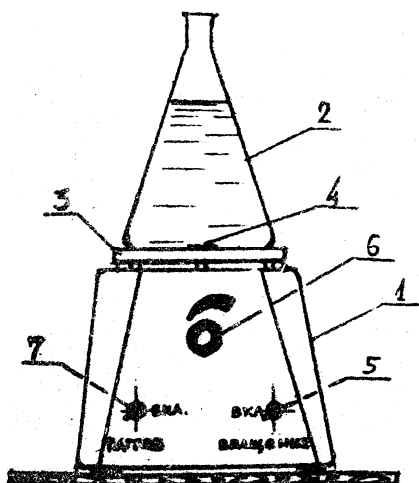


Рис. 3.1- Схема установки:

де 1 - магнітна мішалка;

2 – колба;

3 – основа;

4 – стрижень;

6 - рукоятка;

5,7 - тумблери

Проведення роботи

Оптимальну дозу коагуляції визначають для двох умов:

1) без підлужнювання води; 2) з підлужнюванем води.

У кожному випадку пробу випробовуваної води ретельно перемішують перед її відбором.

1) 200 мл випробовуваної води (I проба) наливають у плоскодонну колбу 2, занурюють в неї перемішуючий стрижень 4 і перемішують на магнітній мішалці I протягом трьох хвилин. Потім розчин зливають в циліндр № 1 для

відстоювання. У решту проб води (2-7) перед перемішуванням додають розчин коагуляції (сірчаноокислого алюмінію) в таких кількостях:

Таблиця 3.1

№ проби	2	3	4	5	6	7
Кількість розчину коагуляції, підливої у циліндр, мл	0,5	1	2	3	4	6
Відповідна цьому об'єму доза коагуляції, мг/л	50	100	200	300	400	600

Після перемішування проби води зливають в циліндри, відповідно № 2 № 7 і включають секундомір.

2) Досліди з підлужнюванем води виконують аналогічним чином, до кожної проби води перед перемішуванням додають 1мл 5%-ного розчину *NaOH*.

Для кожної проби води відмічають час початку відстоювання. Тривалість відстоювання – 0,5 години. Через 0,5 години з кожного циліндра відбирають розчин, що відстоявся, в якому визначають оптичну щільність проби на фотоелектроколориметрі. За даними значень оптичної щільності можна отримати порівняльні дані про каламутність води залежно від дози коагуляції.

При відстоюванні води в циліндрах відмічають час початку утворення пластівців, час початку осідання, а також вид пластівців (рихлі, великі, дрібні).

Обробка результатів спостережень

Записують умови проведення дослідів:

Кількість початкової води для кожного дослідів мл

Оптична щільність початкової води

Тривалість перемішування проби води хв.

Тривалість відстоювання..... хв.

Таблиця 3.2

Умови проведення дослідів	№ проби	Кількість введеного коагулянта, мл	Доза коагулянта (на безводну сіль), мг/л ($г/м^3$)	Час початку утворення пластівців, хв.	Час початку осідання пластівців, хв.	Оптична щільність води після дослідів
Без підлужнювання						
з додаванням <i>NaOH</i>						

За даними дослідів будують графіки, відкладаючи по осі абсцис дозу коагулянту в мг/л, а по осі ординат – оптичну щільність стічної води. За графіками знаходять оптимальну дозу коагулянту і роблять висновок про необхідність підлужнювання для досліджуваної води.

Оптимальною дозою коагулянта вважається така, збільшення кількості понад яку не призводить до помітного зниження оптичної щільності води, що очищається.

3.2. Лабораторна робота № 2

Визначення швидкості надходження кисню в аеротенки

1. Загальні вказівки

Слід знати, що робота аеротенків заснована на використанні процесів біохімічного окислення органічних та інших речовин, що знаходяться у стічних водах, за допомогою мікроорганізмів аеробів.

Для забезпечення нормальної життєдіяльності мікроорганізмів-мінералізаторів в аеротенк повинен безперервно надходити кисень, який використовується в біохімічних процесах. Потрібна кількість кисню не може бути забезпечена за рахунок природної дифузії його з повітря через водну поверхню аеротенка, тому нестачу кисню доводиться заповнювати штучно. З цією метою проводять безперервну аерацію такою суміші стічної води з мікроорганізмами, що знаходиться в аеротенке, шляхом подачі в нього стислого повітря або шляхом поверхневої аерації.

Повітря необхідне не тільки для забезпечення життєдіяльності мікроорганізмів (активного мулу), але і для підтримки їх у зваженому стані. Крім того, при продуванні суміші мікроорганізмів з водою повітрям, з неї видаляється продукт розкладання органічних речовин – вуглекислота.

Аеротенки, в які подається стисле повітря, називають аеротенками з пневматичною аерацією.

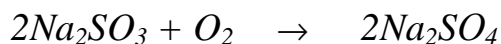
Аеротенки, в яких відбувається надходження повітря з поверхні води при

енергійному перемішуванні за допомогою механічних аераторів, називають аеротенками з механічною аерацією.

Залежно від складу стічної води і характеру вживаних мікроорганізмів, для її очищення потрібна необхідна кількість кисню (і відповідно повітря), визначується розрахунковим шляхом.

Для того, щоб експериментально визначити швидкість надходження кисню в аеротенк, його заповнюють водопровідною водою і додають в певній концентрації речовини, що легкоокислюються, наприклад, сульфід натрію Na_2SO_3 . Після включення аератора через певні проміжки часу визначають наскільки знизилася концентрація сульфід натрію.

Кисень, що розчинився в рідині, взаємодіє з сульфідом натрію за реакцією



На підставі даних аналізу можна визначити кількість внесеного в аеротенк кисню і швидкість його надходження.

2. Схема установки

Аеротенк 1 заповнюють певною кількістю води. Аераційний пристрій є диском з лопастями 2. Рівень рідини в аеротенку повинен частково покривати лопаті диска. Аерація здійснюється шляхом розбризкування води при обертанні диска 2. Напрямок руху потоків води в процесі роботи аеротенка показаний стрілками. Аератор включається в роботу за допомогою приводу 3, сполученого з електродвигуном 4.

Для здійснення пневматичної аерації на дно аеротенка вміщують пористий аератор, сполучений повітреводною трубкою з повітряним компресором.

Для виконання роботи готують п'ять колб Ерленмеєра ємністю 0,5 л з пробками, піпетку на 20 мл, мірні циліндри на 0,5 л і 10 мл, 0,1, розчини йоду і тіосульфату натрію і бюретки до них, технічну сіль сульфід натрію, 10%-ного розчину мідного купоросу, 10%-ного розчину оцтової кислоти, розчин крохмалю.

3. Проведення роботи

У п'ять колб Ерленмеера вливають по 20мл. 0,1 н розчину йоду. Зважаючи на здатність йоду випаровуватися, цю операцію здійснюють швидко і після її закінчення колбу закривають пробкою. Олівцем по склу на колбах роблять позначки: 0; 15; 30; 45; 60.

Для підготовки до роботи аеротенка в нього всипають наперед відважену кількість сульфату натрію до отримання його концентрації близько 10 г/л. Потім додають як каталізатор 10%-ний розчин мідного купоросу (250 мл) і перемішують. Підготовлений до роботи аеротенк включають і за допомогою піпетки на 20 мл. починають проводити відбір проб. Першу (нульову) пробу відбирають через п'ять хвилин після включення аератора.

Всього відбирають п'ять проб по 20 мл., що відносяться за часом від початку відбору проб до 0,15, 50, 45, 60 хв.

Проби відбирають у процесі роботи аеротенка з поверхні рідини піпеткою. Відібрана проба після виділення бульбашок повітря вливається у відповідну підготовлену колбу Ерленмеера з розчином йоду.

Вміст колби відразу титрують 0,1 н розчином тіосульфату натрію і визначають залишковий вміст сульфату натрію у відібраній пробі C_t в г/л (індекс t відноситься до часу відбору проби). Після відбору останньої проби аеротенк вимикають.

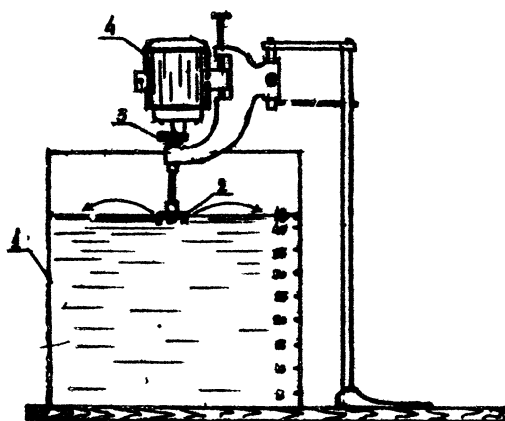


Рис.3.2. Схема установки:

- де 1 – аеротенк;
- 2 – аератор;
- 3 - привод
- 4 - електродвигун

4. Обробка результатів спостережень

Відзначають об'єм розчину в аеротенку в літрах, V_{aep} . Дані, отримані при проведенні експерименту, зводять в табл. 3.3.

Таблиця 3.3

Час від початку досліду, t хв.	Концентрація сульфиту в пробі, C_t , г/л	Зниження концентрації сульфиту в пробі $\Delta C = C_{t_0} - C_t$, г/л	Кількість кисню, внесеного до рідини $a = \frac{\Delta C \cdot 16}{126}$ г/л
1	2	3	4
0			
15			
30			
45			
60			

У графі 3 табл.3.3 розраховують зниження концентрації сульфиту для кожної проби щодо нульової проби.

У графі 4 розрахунок кількості внесеного кисню проводять, виходячи з того, що при окисненні сульфиту один моль його (мол. вага 126) приєднує 0,5 моль кисню.

За даними дослідів на міліметрівці будують графік залежності кількості внесеного кисню "а" (відкладаючи його значення по осі ординат) від часу аерації.

На підставі отриманої кривої залежності обчислюють швидкість внесення кисню V_o в г/м³год. Для цієї мети зручно за графіком узяти кількість внесеного кисню через 30 хв. аерації, тобто "а₃₀", тоді

$$V_o = \frac{a_{30} \cdot 60 \cdot 1000}{30} \text{ ,г/м}^3 \quad (3.1)$$

Множник 1000 в даному випадку взятий для переведення з літрів у кубометри.

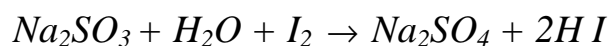
Загальну кількість кисню, яка може бути внесене до об'єму рідини в аеротенку протягом години, обчислюють за формулою

$$q = V_o \cdot V_{aep} \text{ ,г/год} \quad (3.2)$$

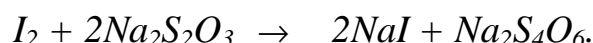
Об'єм розчину в аеротенку рівний 43 л. або 0,043 м³.

5. Визначення концентрації сульфїту натрію у водному розчині

У колбу Ерленмеера з притертою пробкою наливають з бюретки 20 мл. 0,1н розчину йоду і закривають пробкою. Туди ж підливають 20 мл випробовуваної проби. Потім додають 5 мл 10%-ної оцтової кислоти і відразу титрують 0,1н розчином тіосульфату натрію до тих пір, поки розчин не набуде солом'яно-жовтого колір. Цю стадію титрування проводять при струшуванні вмісту швидко, щоб уникнути випаровування йоду. Потім додають 1-2 мл. розчину крохмалю і титрують до зникнення синього фарбування, що не з'являється протягом 1-2 хв. Окислення сульфїту натрію йодом протікає за реакцією



Надлишок йоду відтитрують тіосульфатом натрію за реакцією



Концентрацію сульфїту натрію розраховують за формулою

$$C = \frac{(V_1 K_1 - V_2 K_2) \cdot 0,0063 \cdot 1000}{V} = \frac{6,3 \cdot (V_1 \cdot K_1 - V_2 \cdot K_2)}{V}, \quad \text{г/л}$$

де V_1 – об'єм доданого розчину йоду, мл.;

K_1 – поправочний коефіцієнт для приведення концентрації розчину йоду до точно 0,1 н розчину;

V_2 – об'єм тіосульфата, що пішов на титрування розчину, мл.;

K_2 – поправочний коефіцієнт для приведення концентрації розчину тіосульфату до точно 0,1 н розчину;

V – об'єм аналізованої води, мл.;

0,0063 – кількість сульфїту натрію еквівалентна 1 мл 0,1 і розчину тіосульфату (йоду).

3.3. Лабораторна робота № 3

Видалення органічних домішок із стічної води методом фільтрування через активоване вугілля

I. Загальні вказівки

Слід знати, що адсорбція розчинених речовин – це процес переходу молекул розчиненої речовини з об'єму розчину на поверхню твердого сорбенту під дією силового поля поверхні. При цьому конкурують два види міжмолекулярної взаємодії: гідратація молекул розчиненої речовини, тобто взаємодія їх з молекулами води в розчині, і взаємодія молекул речовини, що адсорбується, з поверхнею твердого тіла. Різниця енергій цих двох процесів і є та енергія, з якою витягнута з розчину речовина утримується на поверхні адсорбенту.

Як адсорбенти застосовують різні марки активованого вугілля, силікагель, кокс, торф і такі відходи, як зола і шлак. Найбільш поширеним адсорбентом є активоване вугілля. Воно володіє сильно розвинутою поверхнею: питома поверхня (поверхня 1 см³) складає до 1000 м².

При динамічній адсорбції воду, що очищається, фільтрують через шар адсорбенту. В цьому випадку частинка рідини переміщується щодо частинки адсорбенту. Розподіл приміси між адсорбентом і стічною водою може бути виражений співвідношенням

$$K_{adc} = \frac{a}{c}, \quad (3.3)$$

де K_{adc} – адсорбційна константа розподілу;

a – величина адсорбції домішки в мг/г адсорбенту (або в г/кг);

c – концентрація адсорбованої речовини за шаром адсорбенту, мг/л;

Ефективність витягання домішки із стічної води у відсотках визначають рівнянням

$$\mathcal{E} = \frac{C_0 - C}{C_0} \cdot 100\%, \quad (3.4)$$

де C_0 - початкова концентрація домішки у воді, що очищається, мг/л.

2. Схема установки

Установка складається з напірної посудини 1, дозатора 2, вугільного фільтру 3 і приймача 4. Випробувану стічну воду заливають в напірну судину 1 при закритому крані дозатора 2. Після заповнення посудини 1 її закривають пробкою, крізь яку протягнута відкрита з обох кінців скляна трубка. У вугільний фільтр 3 завантажують наперед зважене на технічних вагах активоване вугілля марки КАД-іодний в кількості 25 г.

Вугілля марки КАД-іодний є продуктом обробки кам'яновугільного напівкоксу водяною парою при високій температурі.

Для виконання роботи готують секундомір, 8-10 мірних циліндрів на 0,5 л, промийку, посуд і реактиви для фото колориметричного визначення фенолу.

3. Проведення роботи

Встановлюють приймач 4. Відкривають кран дозатора 2, одночасно регулюючи надходження у фільтр 3 вода за допомогою відліку крапель за певний інтервал часу за секундоміром. Фіксують час початку і закінчення досліду. Спочатку встановлюють потік крапель з розрахунку ~ 10 крапель за 5 сек (або ~ 20 крапель за 10 сек.). Після того, як почнеться надходження води в приймач, регулюють відкриття крану таким чином, щоб швидкість подачі води складала близько 0,8-1,0 л/год, (звіряючи по поділках циліндра за час, що відлічується за секундоміром). Відбирають 6-8 порцій по 0,5 л очищеної води і визначають в них вміст фенолу фото колориметричним методом. Визначають початкову концентрацію фенолу у воді, що поступає. В кінці досліду заміряють внутрішній діаметр трубки вугільного фільтра (у см).

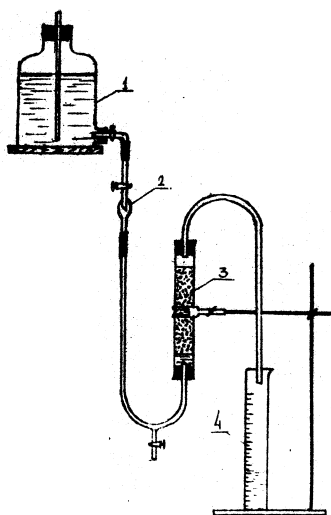


Рис.3.3- Схема установки:

- де 1 - напірна судина
 2 - дозатор
 3 - вугільний фільтр
 4 - приймач

4. Обробка результатів спостережень

Результати дослідів записують за наступною формою

Час початку дослідів

Час закінчення дослідів

Тривалість фільтрування t , год.

Кількість завантаженого сухого вугілля 25, г.

Початкова концентрація фенолу у воді C_0 , мг/л.

Дані, отримані при проведенні експерименту, зводять в табл. 3.4.

Таблиця 3.4.

Номер проби очищеної води від початку дослідів (по 0,25 літра)	Концентрація фенолу в пробі мг/л
1	$C_1 =$
2	$C_2 =$
3	$C_3 =$
4	$C_4 =$
...	...
n	$C_n =$
Всього $W =$ літрів	Середня концентрація фенолу $C = \frac{C_1 + C_2 + \dots + C_n}{n} \text{ мг/л}$

На підставі отриманих даних обчислюють:

1. Середньогодинну кількість води, що поступила на фільтрування:

$$W_{сер} = \frac{W}{t}, \text{ л/год.} \quad (3.5)$$

2. Середню фіктивну швидкість фільтрування:

$$V = 10 \frac{W_{сер}}{f}, \text{ м/год.} \quad (3.6)$$

де f – площа поперечного перетину фільтру, см^2 ;

10 – коефіцієнт перекладу, м/год.

При підрахунку приймають внутрішній діаметр трубки вугільного фільтру рівним 2,5 см, тоді $f = 4,9 \text{ см}^2$.

3. Кількість вилученого фенолу: $m = w (C_0 - C)$ мг.

4. Величину адсорбції фенолу:

$$a = \frac{m}{25}, \text{ мг/г} \quad (3.7)$$

де 25 – завантаження активованого вугілля у фільтр в сухій вазі, г;

5. Ефективність вилучення фенолі: ε

$$\varepsilon = \frac{C_0 - C}{C_0} \cdot 100\% \quad (3.8)$$

6. Адсорбційну константу розподілу:

$$K_{адс} = \frac{a}{c} \quad (3.9)$$

За даними досліду будують графік, відкладаючи по осі абсцис кількість профільтрованої води в літрах від початку досліду, а по осі ординат – залишкову концентрацію фенолу в пробі (у мг/л).

7. Фотокolorиметричний метод визначення фенолу в стічній воді

Піпеткою відбирають таку кількість стічної води, щоб після розбавлення в мірній колбі місткістю 100 мл концентрація фенолу в розчині знаходилася в межах 1-5 мг/л (якщо необхідно, стічну воду заздалегідь розбавляють). Пробу стічної води (або її розбавленого розчину) відбирають піпеткою і вміщують в

мірну колбу місткістю 100 мл, туди ж додають 1 мл буферного розчину, ретельно перемішують, додають дистильовану воду приблизно до половини місткості колби, знову перемішують, підливають 2 мл розчину 4-аміноантипірину і після перемішування вводять розчин заліzosинеродистого калію (2 мл). Розчин доводять до позначки водою і перемішують.

Після 5-хвилинної витримки забарвлений розчин наливають в кювету з відстанню між гранями 10мм і вміщують у фотоколориметр. Колориметрування проводять із зеленим світлофільтром, фотоколориметр включають в мережу за 20 хв. до початку визначення.

Спочатку в праве і ліве плече фотоколориметра встановлюють кювети з дистильованою водою, потім відкривають шторки світлофільтра і встановлюють стрілку гальванометра на нуль. Установку стрілки гальванометра на нуль починають при включенні гальванометра на малу чутливість (положення "0" означає, що гальванометр вимкнений, "1" – включений на малу чутливість, "2" – включений на велику чутливість. При включенні рукоятку грубої настройки встановлюють в положення "1", потім перемикають гальванометр в положення "2" і остаточно встановлюють гальванометр рукояткою точної настройки. Після установки гальванометр вимикають (встановлюють в положення "0"). Наступний етап полягає у визначенні оптичної щільності вживаних розчинів реагентів ("глухий досвід"). Для цього в мірну колбу на 100 мл до дистильованої води додають всі реагенти (без аналізованої проби води).

Отриманий для "глухого досвіду" розчин заливають в дві кювети, які встановлюють в праве і ліве плече фотоколориметра, відкривають шторки світлофільтра, включають гальванометр на чутливість "1", а потім на чутливість "2" і за допомогою відповідних рукояток встановлюють його стрілку на нуль. Після цього закривають шторки світлофільтра і в праве плече фотоколориметра замість встановленої кювети вміщують кювету з досліджуваним розчином. Після відкриття шторок стрілка гальванометра відхиляється від нульового положення. Обертанням вимірювального барабана встановлюють стрілку гальванометра знову на нуль. Величину оптичної щільності розчину відлічують по поділках правого барабана.

При взаємодії фенолу з 4-аміноантипірином в лужному середовищі у присутності заліzosинеродистого калію утворюється забарвлене з'єднання, інтенсивність якого залежить від концентрації фенолу.

Концентрацію фенолу в розбавленому розчині " C_1 " в мг/л визначають за калібрувальною кривою. C_n розраховують з урахуванням проведеного розбавлення:

$$C_n = C_1 \cdot n, \text{ мг/л} \quad (3.10)$$

де n – кратність розбавлення.

Бажано, щоб визначувана за калібрувальною кривою концентрація " C_1 " знаходилася в її середній частині, цього досягають регулюванням кратності розбавлення " n ".

3.4. Лабораторна робота № 4

Побудова ізотерми адсорбції органічної речовини з води

1. Загальні вказівки

Органічні домішки можуть бути вилучені з водного розчину за допомогою адсорбентів, до яких відносяться активоване вугілля, зола, шлак та інші тверді матеріали. Ефективність адсорбента по відношенню до даної домішки оцінюють за показником, названим "величиною адсорбції". Цей показник за звичайно виражають в ммоль/г або мг/г (г/кг) адсорбенту. Оскільки його відносять до одиниці ваги адсорбенту, його називають "питомою адсорбцією". Величину адсорбції можна виражати у вагових відсотках. Порівнюючи значення питомої адсорбції якої-небудь домішки на різних адсорбентах, можна визначити, який з них придатніший для видалення цієї домішки з водного розчину.

Величина адсорбції залежить від температури, при якій протікає цей процес, її значення знижується з підвищенням температури.

При збільшенні концентрації розчиненої речовини величина адсорбції зростає.

Зв'язок між величиною адсорбції і рівноважною концентрацією домішки в розчині характеризується ізотермою адсорбції, яка описується:

рівнянням Фрейндліха $a = K \cdot C^n$;

рівнянням Лангмюра $a = a_0 \frac{C}{B + C}$,

де a – питома адсорбція, ммоль/г (мг/г або % вага);

a_0 – гранична величина адсорбції для даного адсорбенту, виражається в тих же одиницях;

C - рівноважна концентрація адсорбованої домішки у воді, що знаходиться у контакті з адсорбентом, ммоль/л (мг/л);

a_0, K, n, B – константи, визначувані експериментально.

Ізотерму будують за експериментальними даними в системі координат, де по осі ординат відкладають питому адсорбцію, а по осі абсцис – рівноважну концентрацію приміси.

Початкова ділянка ізотерми точніше описується рівнянням Фрейндліха, а по дальша, пологіша ділянка – рівнянням Лангмюра.

Для знаходження постійних K і n в рівнянні Фрейндліха його логарифмують і воно набуває вигляду : $\lg a = \lg K + n \lg c$

За дослідною кривою, підрахувавши ряд значень $\lg a$ і $\lg c$, і відкладаючи їх на координатних осях, отримують пряму лінію. Тангенс кута нахилу прямої дає постійну n , а відрізок, що відсікається нею на осі ординат, - постійну K .

Для визначення постійних рівняння Ленгмюра його зручно перетворити

таким чином:

$$\frac{C}{a} = \frac{B}{a_0} + \frac{C}{a_0}$$

З дослідної кривої обчислюють значення $\frac{C}{a}$. Потім, зображаючи графічно, у функції від $\frac{C}{a}$ отримують пряму, нахил якої визначає постійну a_0 , а відрізок на осі ординат – постійну B .

Визначивши вид рівняння ізотерми адсорбції і його константи, можна знайти величину питомої адсорбції при будь-якій рівноважній концентрації розчину, а також необхідну дозу адсорбенту для досягнення заданого ефекту витягання домішки із стічної води.

2. Схема установки

Колби I з випробовуваним водним розчином і доданим до нього адсорбентом встановлюють на платформу 2 апарату для струшування, які приводяться в рух за допомогою електродвигуна 3. Колби укріплюють на платформі апарату за допомогою затисків 4. Перед включенням апарату в мережу змінного струму його необхідно заземлити. Включення апарату проводять за допомогою тумблера, розташованого в електродвигуні.

Для виконання роботи готують 8 плоскодонних колб Ерленмеєра на 250мл з пробками, мірний циліндр на 100 мл, 4 бюкси для зважування активованого вугілля, 4 воронки для фільтрування, фільтрувальний папір, посуд і реактиви для фото колориметричного визначення фенолу.

3. Проведення роботи

Побудову ізотерми проводять на прикладі адсорбції фенолів з водного розчину. У початковій стічній воді визначають вміст фенолу.

У колби Ерленмеєра (4 шт.) заливають мірним циліндром по 100 мл випробовуваного розчину. Потім додають наперед зважені на аналітичних вагах навіски активованого вугілля. У першу колбу 3,0 г, в другу – 2,5 г, в третю – 2,0 г, в четверту – 1,5г. Колби закривають пробками, встановлюють в апарат для струшування і після включення його, вміст колб переміщується протягом 60 хв. Фіксують час початку досліду і температуру в приміщенні. Після включення апарату водний розчин відстоюється від частинок вугілля протягом 15 хв., потім розчини фільтрують через паперовий фільтр, відкидаючи перші порції (10-15мл). Фільтрати збирають в підготовлені колби. У кожному фільтраті визначають вміст фенолу фото колориметричним методом.

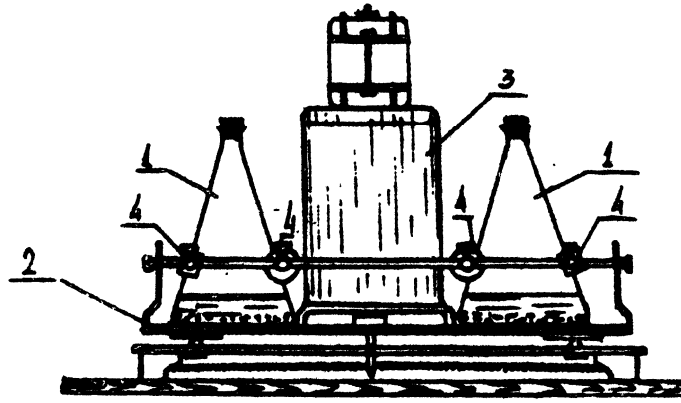


Рис.3.4- Схема установки:

де 1 – колба, 2 – платформа, 3 – електродвигун, 4 – затиск.

4. Обробка результатів спостереження

У журналі спостережень фіксують час початку і кінця дослід, температуру розчину C_0 г/л, об'єм початкового розчину V мл, тип адсорбенту.

Результати дослід зводять в табл. 3.5.

Таблиця 3.5

Навішування адсорбенту m , г	Рівноважна концентрація фенолу в розчині C , г/л	Адсорбція a , % вага

Величину адсорбції визначають за формулою

$$a = \frac{(C_0 - C) \cdot V \cdot 100}{100 \cdot m}, \% \quad (3.11)$$

За даними дослід будують ізотерму, відкладаючи значення "а" у відсотках по осі ординат, а по осі абсцис – значення "С" в мг/л, потім знаходять постійні рівнянь ізотерми адсорбції.

ДОДАТОК

Завданням до контрольної роботи дозволяється складання відповідей на запитання до самостійного вивчення, номери яких вказані у методичних вказівках.

Теми	Варіанти																								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	1	2	3	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	2	3	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	5	-	1	2	3	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	5	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	2	3	4	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	2	3	4	5	-	-	-	-	-
5	4	5	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	2	3
6												-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	2	1
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7	6	5	4	3	2	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	1	2	3	4	5	-	-	-	-	-	6	-	7	-	-	-	4	-	-	-	-
9	4	3	2	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-
10	-	-	1	-	-	3	4	-	-	8	7	6	5	4	-	-	-	-	-	-	-	-	3	2	1
11	-	-	-		1	-	-	3	4	-	-	-	-	-	-	8	7	6	5	4	3	2	1	-	-
12	-	2	3	-	5	3	1	-	5	-	7	-	4	-	2	-	2	-	-	-	4	-	-	-	-

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. СНиП 2.04.03-85. Канализация. Наружные сети и сооружения. – М.: Стройиздат, 1986. – 72с.
2. Запольський А.К. Водопостачання, водовідведення та якість води. – К.: Вища школа, 2005. – 671с.
3. Кравченко В.С. Водопостачання та каналізація. – К.: Кондор, 2003. – 288с.
4. Фізико – хімічні основи технології очищення стічних вод / Запольський А.К., Мішкова-Клименко Н.А. та ін. – К.: Лібра, 2000. – 552с.
5. Яковлев С.В. Водоотведение и очистка сточных вод. – М.: Вища школа, 2004. - 568с.
6. Ковальчук В.А. Очистка стічних вод. – Рівне: ВАТ „Рівненська друкарня”, 2002. – 437с.
7. Яковлев С.В. и др. Канализация -М. : Стройиздат, 1987. – 319с.
8. Ласков Ю.М., Воронов Ю.В. Примеры расчетов канализационных сооружений. - М.: Стройиздат, 1987. – 295с.
9. Лапицкая М.П. и др. Очистка сточных вод (примеры расчетов) - Минск: Вышэйная школа, 1987. – 195с.
10. Калицун В.И. Водоотводящие сети и сооружений. – М.: Стройиздат, 1987. -217с.
11. Яковенко С.В., Карелина Я.А., Ласков Д.М., Калицун В.И.Водоотведение и очистка сточных вод. - М.: Стройиздат, 1996. – 279с.

Навчальне видання

Гуцал Ірина Олексіївна

Методичні вказівки до виконання самостійного вивчення дисципліни та лабораторних робіт «Технологія очистки водно-дисперсних систем», Модуль 2: «Технологія очистки стічних вод» (для студентів 4 курсу денної та заочної форм навчання напряму підготовки 0926 «Водні ресурси», 6.060103 «Гідротехніка (Водні ресурси)» спеціальності «Водопостачання та водовідведення»).

Редактор: *М.З. Аляб'єв*

Комп'ютерне верстання: *Ю.П. Степась*

План 2009, поз. 141 М

Підп. до друку 04.12.2009
Друк на ризографі
Тираж 50 пр.

Формат 60x84 1/16
Ум. друк. арк. 1,7
Зам. №

Видавець і виготовлювач:
Харківська національна академія міського господарства
вул. Революції, 12, Харків, 61002
Електронна адреса: rectorat@ksame.kharkov.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:
ДК № 731 від 19.12.2001