

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»
Кафедра природоохоронної діяльності

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
ДО ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ З ДИСЦИПЛІНИ
«ВОДОПОСТАЧАННЯ, ВОДОСПОЖИВАННЯ ТА
ОЧИСТКА СТІЧНИХ ВОД»
для студентів всіх форм навчання**

Покровськ , 2016

УДК 628

М 54

Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни «Водопостачання, водоспоживання та очистка стічних вод» для студентів всіх форм. / [укл. О.Л.Зав'ялова, О.П. Чепак, С.М. Шкрильова]. – Покровськ : ДонНТУ, 2016.– 40 с.

Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни «Водопостачання, водоспоживання та очистка стічних вод» для студентів всіх форм навчання розроблено на підставі рішення відповідного вищого навчального закладу, навчальних планів, а також навчальної програми відповідної дисципліни.

Укладачі: О.Л. Зав'ялова, к.т.н., доцент кафедри ПД;
О.П. Чепак, ас. Кафедри ПД;
С.М. Шкрильова, ас. кафедри ПД.

Рецензент: П.В.Трет'яков, к.т.н., доцент кафедри «Обладнання перероблювальних технологічних комплексів»

Відповідальний за випуск: В.К. Костенко, професор д.т.н., зав.кафедри ПД

Розглянуто на засіданні кафедри Природоохоронної діяльності
протокол № 4 від 01.12.2016 р.

Затверджено навчально-методичним відділом ДонНТУ
протокол № 6 від 13.12.2016 р.

©Донецький національний
технічний університет, 2016

З М І С Т

ВСТУП.....	4
Лабораторна робота № 1. Визначення концентрації завислих речовин у стічній воді ваговим методом	5
Лабораторна робота № 2. Визначення каламутності, прозорості і вмісту завислих речовин у стічній воді	6
Лабораторна робота № 3. Визначення стабільності стічної води	9
Лабораторна робота № 4. Побудова кривої осадження (седиментаційної кривої).....	11
Лабораторна робота № 5. Дослідження коагулювання домішок стічної води різними реагентами	14
Лабораторна робота № 6. Визначення оптимальної дози коагулянта при обробці стічної води методом контактної коагуляції.....	18
Лабораторна робота № 7. Визначення хлоропоглинання стічної води. Побудова кривої хлоропоглинання	20
Лабораторна робота № 8. Визначення питомого опору осаду стічної води фільтрації.....	24
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	28
ДОДАТОК А. Перевідна крива прозорості води в каламутність.....	29
ДОДАТОК Б. Перевідна крива оптичної щільності води в каламутність	30
ДОДАТОК В. Устрій і робота колориметра фотоелектричного концентраційного (кфк-2).....	31
ДОДАТОК Г. Визначення величини рН іономіром	35
ДОДАТОК Д. Визначення лужності води	38
ДОДАТОК Е. Визначення вмісту кальцію	39
ДОДАТОК Є. Визначення концентрації активного хлору	40

ВСТУП

Вказівки до виконання лабораторних робіт по курсу «Водопостачання, водоспоживання та очистка стічних вод» базуються на відомих методиках хімічного і технологічного аналізу вод і ставлять своєю за мету дати магістрантам навички проведення таких аналізів стосовно стічних вод.

Протоколи звітів по лабораторних роботах повинні включати:

1. Мета роботи.
2. Порядок виконання роботи.
3. Результати вимірювань.
4. Таблиці і графіки з результатами вимірювань
5. Виводи і пропозиції.
6. Підпис студента і дата.
7. Підпис викладача, відмітка про те, що робота прийнята, дата.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №1. Визначення концентрації завислих речовин у стічній воді ваговим методом

Мета роботи - вивчити методику визначення концентрації завислих речовин ваговим методом за допомогою паперових фільтрів.

Теоретичні основи роботи

Вміст завислих речовин визначається, як правило, ваговим методом. Проба води фільтрується через попередньо висушений і зважений щільний фільтр (мембранний або паперовий). Потім фільтр висушується та знову зважується. Різниця ваги, розділена на об'єм проби, дає величину вмісту завислих речовин (мг/л, г/м³). Чим щільніший фільтр, тим точніше визначення цього параметра.

Послідовність виконання роботи

1. Вмістити в бюкс і висушити паперовий фільтр в сушильній шафі при температурі 105 градусів на протязі 10 хвилин.
2. Зважити бюкс з фільтром на аналітичних терезах.
3. Підготувати конічну колбу на 250 мл, в яку вмістити лійку з паперовим висушеним та зваженим фільтром.
4. Ретельно збовтати воду, що досліджується, і відібрати пробу місткістю 250 мл.
5. Профільтрувати пробу повністю, брудний фільтр вмістити в попередньо зважений бюкс.
6. Висушити фільтр в сушильній шафі при 105°C на протязі 10-15 хвилин.
7. Вистудити бюкс в ексікаторі та зважити його разом з фільтром на аналітичних терезах.
8. Обчислити вміст завислих речовин

$$C = (m_2 - m_1) / V, \quad \text{мг/л, г/м куб}, \quad (1.1)$$

де m_2 - маса бюксу з фільтром після фільтрування, мг;

m_1 - маса бюксу з фільтром до фільтрування, мг;

V - об'єм профільтрованої проби, мл

Результати вимірів зводяться в таблицю:

Показник	Одиниця виміру	Позначення	Визначення	Значення показника
Маса бюксу з фільтром до фільтрування	мг	m_1	на аналітичних терезах	
Маса бюксу з фільтром після фільтрування	мг	m_2	на аналітичних терезах	
Об'єм профільтрованої проби	л	V		
Вміст завислих речовин	мг/л	C	по формулі 1.1	

ЛІТЕРАТУРА: [1.ст.22]

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №2. Визначення каламутності, прозорості і вмісту завислих речовин у стічній воді

Мета роботи - вивчити та порівняти різні методи визначення вмісту в воді завислих речовин, опанувати методи аналізу води по цим показникам. Визначення каламутності виконується двома методами: «по шрифту» на приладі Снеллена та фотометричним способом.

Теоретичні основи роботи

Каламутність води виміряється в мг/л; г/м, за стандартною шкалою, побудованою шляхом закаламутнення води каоліном (білою глиною) з оптичною щільністю, яка дорівнює оптичній щільності досліджуваної води. Оптичною щільністю ***D*** називають відношення

$$D = \lg J_0/J. \quad (2.1)$$

де J_0 - інтенсивність світлового потоку до проходу через воду;

J - інтенсивність світлового потоку після проходження через досліджувану воду.

Величина оптичної щільності визначається за допомогою спеціальних приладів -фотоелектроколориметрів, основними елементами яких є фотоелементи (див. додаток 3).

Стандартна шкала будується в координатах: каламутність - оптична щільність. Для її побудови використовують ряд проб із заздалегідь відомою каламутністю. Ці проби готуються шляхом додавання в 1 л дистильованої води наважки каоліну масою 1 г, потім відбирається 100 мл і розбавляється до 1 л. При цьому одержуємо вже дві проби з каламутностями: в першій - 1 г/л (1000 мг/л), у другій - 100 мг/л. Шляхом подальшого розведення можна одержати проби з будь-якою заздалегідь заданою каламутністю. На фотоелектроколориметрі вимірюють оптичні щільності цих проб і будують стандартну шкалу (див. додаток 2).

Для аналізу проби з невідомою каламутністю її поміщають у фотоелектроколориметр, визначають оптичну щільність і по стандартній шкалі знаходять каламутність. Як правило, каламутність і вміст завислих речовин не збігаються, оскільки в природних водах частки суспензій можуть мати кольори, форму та здатність розсіювати світло інакші, ніж каолін.

Прозорість пов'язана з каламутністю та визначається «по шрифту» на приладі Снеллена за методикою, що наведена нижче.

Послідовність виконання роботи

Визначення прозорості води

1. В прилад Снеллена наливають добре змішану пробу води, що досліджується, майже по вінця.
2. Під скляний циліндр приладу вміщують стандартний шрифт.

3. Роздивляються крізь шар води шрифт, і. якщо він не читається, відкривають затискач рурки та зливають воду з циліндру доти, доки шрифт не буде читатися.
4. Визначають висоту залишкового шару води в циліндрі в сантиметрах - це і є величина прозорості води.
5. Перевести прозорість а каламутність, використовуючи перевідну криву в додатку 1.

Визначення каламутності води

1. Виконується відповідно додатку 3 після вивчення устрою та роботи фотоелектроколориметра.

Примітка: Занадто каламутні проби при визначенні прозорості та каламутності розбавляються дистильованою водою: при цьому результат одержують множенням значення показника на індекс розбавлення Y .

Результати всіх вимірів зводяться в таблицю:

Показник	Одиниця виміру	Позначення	Визначення	Значення показника
Прозорість розбавленої проби	см	П	на приладі Снеллена	
Індекс розбавлення проби на прозорість		Y_1		
Каламутність води на приладі Снеллена	мг/л	К	Додаток 1 $K \times Y_1$	
Оптична щільність проби до фільтрування після фільтрування	одиниця оптичної щільності		ФЕК	
Індекс розбавлення проби до фільтрування для визначення каламутності на ФЕК		Y_2		
Каламутність води по ФЕК до фільтрування після фільтрування	мг/л	М М*	Додаток 2 $M \times Y_2$	

Порівняти показники каламутності, одержані на приладі Снеллена та на ФЕК з показником C , пояснити розбіжність значень.

ЛІТЕРАТУРА: [2.ст.22]

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №3. Визначення стабільності стічної води

Мета роботи - знайомство з методиками розрахункової та дослідної оцінок стабільності стічної води.

Теоретичні основи роботи

Стабільною вважається стічна вода, яка з одного боку не викликає корозії бетонних конструкцій і розчинення карбонатних відкладень, а з другого боку не дає карбонатних відкладень в трубах та на теплообмінних поверхнях.

Стабільність води оцінюється індексом стабільності (Ланжельє):

$$J = p\text{H}_o - p\text{H}_s, \quad (3.1)$$

де $p\text{H}_o$ - водневий показник проби досліджуваної води (за методикою додатка 4),

$p\text{H}_s$ - водневий показник стабільної води (визначається розрахунком або дослідом).

Якщо індекс буде від'ємним, вода буде агресивною, якщо позитивним – пересиченою.

Послідовність виконання роботи

1. Досліджувану воду залити в 2 конічні колби з притертими корками на 250 мл, засипати в кожную по 3 г попередньо промитого та висушеного порошку CaCO_3 та поставити на магнітну мішалку.
2. В залишку висхідної води визначити лужність, вміст іонів кальцію, температуру, $p\text{H}$ (методики аналізу наведені в додатках). Обчислити

приблизно загальний вміст солей, виходячи з того, що вміст гідрокарбонатів складає приблизно чверть від загальної кількості іонів.

3. Обчислити величину рН та індексу насичення J_p по номограмі мал. 1 додатку 5 БНіП 2.04.02-84.
4. Через годину зняти колби з магнітної мішалки і в невідстоєній пробі визначити рН, відфільтрувати пробу на вакуум-фільтрі, визначити в цій пробі величину лужності L_p та обрахувати індекс насичення J_d .
5. Порівняти розрахункове та дослідне значення індексу насичення і зробити висновок щодо стабільності води, дефіциту чи надлишку CaCO_3 .

Результати роботи внести до таблиці:

Назва показника	Одиниця виміру	Позначення	Метод визначення	Значення
Лужність висхідної води	мг-екв/л	L_o	додаток 5	
Вміст іонів кальцію в висхідній воді	мг/л		додаток 6	
Температура висхідної води	градус С	t°	термометром	
рН висхідної води з досліджу		pH_o	рН-метром (додаток 4)	
Загальний вміст солей в висхідній воді	мг/л	P	п.2	
pH_s з розрахунку		$pH_s p$	номограма БНіП	
Розрахунковий індекс насичення		J_p	$pH_o - pH_s p$	
pH_s з досліджу		$pH_s d$	рН-метром (додаток 4)	
Індекс насичення з досліджу		J_d	$pH_o - pH_s d$	
Лужність після насичення	мг-екв/л	L_p	додаток 5	
Вміст агресивної вуглекислоти	мг/л	CO_{2ag}	44 ($L_p - L_o$)	

ЛІТЕРАТУРА: [3.ст.22]

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 4. Побудова кривої осадження (седиментаційної кривої)

Мета роботи - оволодіти методикою побудови кривої осадження, вивчення кінетики відстоювання стічної води, що має завислі речовини

Теоретичні основи роботи

Розмір часток суспензії опосередковано оцінюється показником «гідравлічна крупність», що являє собою швидкість випадання часток завислих речовин нерухомій волі при температурі 10°C. Гідравлічна крупність визначається як результат ділення глибини шару воли H на час відстоювання (тривалість випадання частки із шару в осад).

Седиментаційна крива будується в координатах: «маса осаду, що випав, - час» або «відсоток завислих речовин, що випали, - час». Для монодисперсної суспензії, всі частки якої мають однакову гідравлічну крупність, крива вироджується у відрізок прямої, для полідисперсної суспензії має вигляд кривої, що асимптотично наближається до деякої прямої, паралельної осі часу.

Седиментаційний аналіз проводять за допомогою торсійних терезів (рис. 4.1).

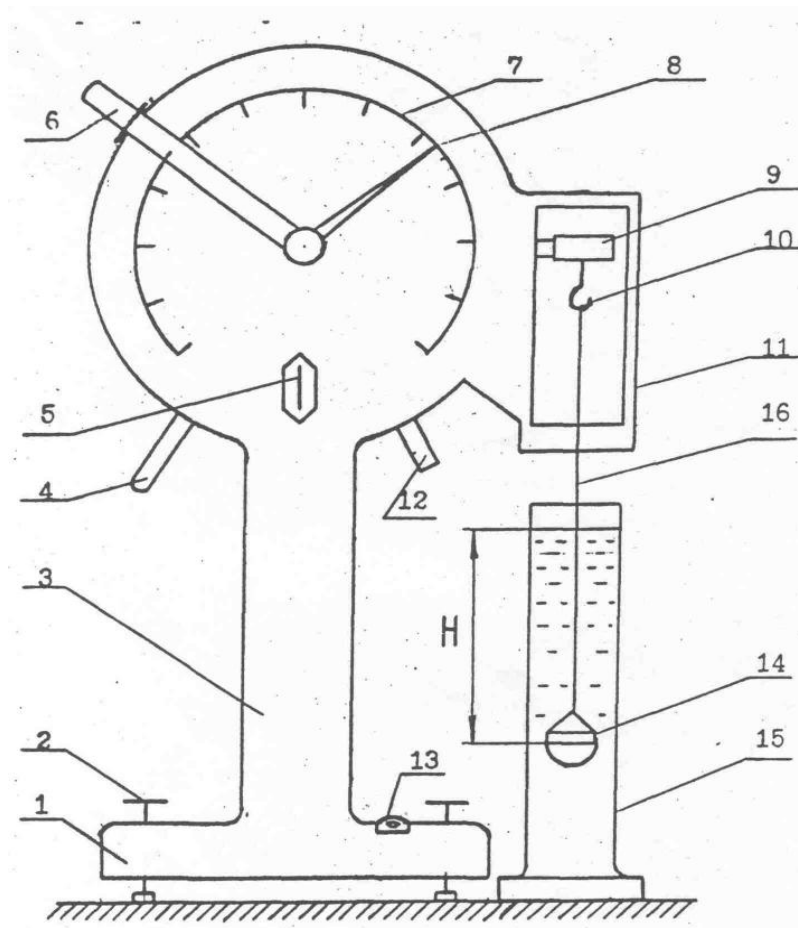


Рис. 4.1. Схема установки для седиментаційного аналізу суспензій

1 – тринога, 2- опірні гвинти, 3- стійка, 4- арретир для фіксації стрілки приладу, 5- показник рівноваги, 6- важіль натягу, 7- шкала, 8- показник маси, 9- коромисло, 10- гачок, 11- футляр, 12- тарировочна голівка, 13- рівень, 14- шалька, 15- мірний циліндр, 16- шовкова нитка

Перед початком вимірів проводиться настроювання терезів. Для нього виставляють терези за рівнем, пересуванням закріпного важеля звільняють коромисло 9 і за допомогою важеля натягу 6 установлюють показчик маси 8 на нуль. Потім тарувальною голівкою 12 поєднують показчик рівноваги з рискою рівноваги.

При вимірах щораз арретиром звільняють коромисло та важелем 6 поєднують показчик рівноваги з рискою. Масу визначають по показчику 8.

УВАГА. Після кожного виміру стрілку терезів закріплюють арретиром 4.

Послідовність виконання роботи

1. Ознайомитися з устроєм та роботою торзійних терезів.
2. Визначити каламутність досліджуваної води на ФЕК згідно методики попередньої лабораторної роботи $M^* =$ мг/л..
3. Налити в мірний циліндр 1 л дистильованої води та визначити масу шальки приладу в воді $m_0 =$ мг.
4. Заміряти товщину шару води над шалькою $H =$ мм.
5. Злити дистильовану волю, ретельно збовтати воду, що досліджується, та налити її до мітки в мірний циліндр.
6. Занурити в циліндр шальку таким чином, щоб вона не дотикалась стінок.
7. Ввімкнути секундомір та записувати значення маси шальки з осадом через 1, 3, 5, 10, 15, 20, 30, 45 хвилин ($m_1^*, m_2^*, m_3^*, \dots, m_n^*$).
8. Обчислити масу осаду по всім замірам $m_i = m_i^* - m_0$.
9. Визначити каламутність освітленої води $M =$ мг/л.
10. Обчислити швидкість осадження відповідно моментам часу $U = H / 60 t$, мм/с.
11. Обчислити відсоток завису, який випав на момент часу t ,

$$P_i = 100 (m_i / m_n) ((M^* - M) / M^*)$$
12. Внести дані п.п. 7 - 11 до таблиці:

Показник	Значення показників через							
Показання терезів m_i^* , мг								
Маса осаду m_i , мг								
Швидкість осадження U , мм/с								
Відсоток завису. що випав, P_i ,								

13. Побудувати криву осадження в координатах $m - t$, потім перевести шкалу t в шкалу U та нанести останню нижче вісі часу з позначками, відповідними 2, 1, 0.5, 0.25, 0.1, 0.05, 0.025 мм/с.

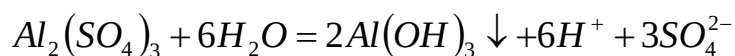
ЛІТЕРАТУРА: [4.ст.22]

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №5. Дослідження коагулювання домішок стічної води різними реагентами

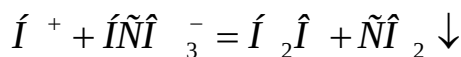
Мета роботи - порівняти ефективність коагулювання домішок стічної води при різних режимах коагулювання: лише коагулянт, коагулянт з аніонним флокулянт, коагулянт з катіонним флокулянт, лише аніонним флокулянт, лише катіонним флокулянт.

Теоретичні основи роботи

Об'ємне коагулювання домішок стічної води у вигляді зважених речовин і колоїдів полягає у їхньому укрупненні з метою інтенсифікації процесу осадження домішок у відстійних спорудах. Метою об'ємного коагулювання є одержання великих і міцних пластівців. Найпоширенішим коагулянт у практиці очищення вод є сірчаноокислий алюміній $Al_2(SO_4)_3$. При його введенні в воду протікає реакція гідролізу



Реакція успішно протікає в бік утворення гідроксиду алюмінію тільки при зв'язуванні водневих іонів гідрокарбонатами



Оскільки гідрокарбонаті іони обумовлюють лужність води, їхнє витрачання на зв'язування H^+ приводить до зниження лужності води.

Лужність обробленої води складе, мг-екв/л:

$$L^* = L_o - D_k / E_k, \quad (5.1)$$

де Lo - лужність висхідної води, мг-екв/л;

D_k - доза коагулянту, мг/л;

E_k - еквівалент коагулянту (для $Al_2(SO_4)_3$ $E_k = 57$).

Через підкислення води при введенні сірчанокислового алюмінію знижується рН води. Гідроксид алюмінію, що утворився в результаті реакції гідролізу коагулянту, являє собою колоїд, що складається з міцел із невеликим позитивним зарядом або в ізоелектричному стані із дзета-потенціалом, близьким до нуля (залежно від рН стічної води). Міцели $Al(OH)_3$ взаємно коагулюють, а також злипаються із частками суспензій та адсорбують колоїдні домішки, створюючи пластівці. Коагуляція часток у мікропластівці розміром до 1-10 мкм протікає під впливом броунівського руху (перикінетична стадія коагуляції). При подальшому укрупненні пластівців вони стають нечутливими до ударів молекул води і для утворення великих пластівців потрібне зовнішнє перемішування, що забезпечує зіткнення мікропластівців та їхнє злипання у великі агрегати (ортокінетична стадія коагуляції).

Для укрупнення й зміцнення пластівців додатково до коагулянтів вводяться флокулянти. Полімерні молекули флокулянтів у формі ниток зв'язують первинні пластівці домішок в укрупнені агрегати, які швидше випадають у відстійниках і не руйнуються в потоках з підвищеними швидкостями води.

Спільно з коагулянтами діють аніонні флокулянти, тому що їхні молекули, будучи негативно зарядженими, притягаються й злипаються з позитивно зарядженими міцелами гідроксидів, що перебувають у складі пластівців. Самі по собі, без застосування коагулянту, аніонні флокулянти не забезпечують видалення домішок.

При обробці води катіонними флокулянтами не потрібне введення коагулянту. Оскільки частки суспензій і колоїдів у природній воді заряджені негативно, а фрагменти ланцюжка катіонного флокулянта - позитивно,

відбувається їхнє взаємне притягання, злипання й укрупнення. Через однойменність зарядів часток гідроксидів і катіонних флокулянтів їхнє спільне застосування позбавлене сенсу.

Як флокулянти в практиці водоочищення застосовуються в основному синтетичні поліелектроліти. наприклад. ПАА (поліакриламід), ППС (полімер піридинової солі). ВА-2 (високомолекулярний амоній). Флокулянти не впливають на іонний склад, лужність і рН води.

Послідовність виконання роботи

1. Визначаємо каламутність, лужність та рН висхідної стічної води за відомими методиками.
2. Визначаємо по табл. 13. 17 БНіП 2.04.02-84 дози коагулянта та флокулянта та кількості їх розчинів для обробки води.
3. Наливаємо в 5 циліндрів по 500 мл висхідної води.
4. Вводимо розчин коагулянта розрахованою дозою в перший циліндр, швидко перемішуємо розчин з водою перевертанням циліндра, а потім повільно перемішуємо суспензію на протязі 10-15хв, спостерігаючи за процесами утворення пластівців та їх осадження. При цьому відзначаємо початок утворення пластівців (появи видимих очами пластівців), початок та кінець осадження пластівців.
5. В другий циліндр вводимо розчини спершу коагулянту, а через 2 хв - флокулянта ПАА, спостерігаємо за процесом.
6. В третій циліндр вводимо розчини коагулянта та флокулянта ППС, спостерігаємо за процесом.
7. В четвертий та п'ятий циліндри вводимо лише флокулянти: відповідно ППС та ПАА. Кожного разу спостерігаємо за процесом.
8. Після закінчення процесу осадження в кожному з циліндрів визначаємо каламутність, лужність та рН проб відстояної води.
9. Результати дослідів заносимо до таблиці

Показник	Одиниц я виміру	Позна - чення	Метод визна- чення	Значення показника при режимі обробки				
				К	К + ПАА	К + ПП С	ПА А	ППС
Дані висхідної води:								
- каламутність	мг/л	М	ФЕК					
-лужність	мг-екв/л	Л	титрува н-ня					
-рН			рН-метр					
Дози реагентів:	мг/л	Др	БНіП					
-коагулянт		Дк						
-ПАА								
-ППС								
Об'єм проби води	л	W						
Об'єм розчину реагента	мл	W*						
-коагулянта			= ДрW/10					
-ПАА			= Др W					
-ППС			= Др W					
Дані обробленої води:								
- каламутність	мг/л	М*						
-лужність	мг-екв/л	Л*						
дослідна			титрува н-ня					
озрахункова		Л*	=Л- Дк/57					
-рН			рН-метр					

10. Зробити висновки про дієвість кожного режиму обробки.

ЛІТЕРАТУРА: [5.ст.22]

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №6. Визначення оптимальної дози коагулянта при обробці стічної води методом контактної коагуляції

Мета роботи - оволодіння методикою визначення дози коагулянта при очищенні стічної води методом контактної коагуляції, докази переваг контактної коагуляції в порівнянні з об'ємною.

Теоретичні основи роботи

Розрізняють два види коагулювання: об'ємне й контактне. Перше характерно для процесів очищення, що протікають в об'ємі, освітлення води у відстійниках. Для об'ємного коагулювання необхідне утворення великих пластівців. Контактна коагуляція протікає на поверхні контактного середовища, яким може виступати завантаження фільтрів або пластівці зваженого шару. Цей процес характерний для очищення стічної води в освітлювачах зі зваженим шаром осаду, контактних освітлювачах і інших установках, що працюють без попереднього відстоювання.

При контактній коагуляції немає необхідності в утворенні пластівців, досить тільки знизити дзета-потенціал суспензій до граничної величини - при цьому частки суспензій стають нестабільними та прилипають до зерен завантаження або пластівців. Доза коагулянта, необхідна для контактної коагуляції, нижче, ніж для об'ємної, тому що не потрібно утворення пластівців. Ця обставина враховується БНіПом. що рекомендує приймати дозу коагулянту для контактної коагуляції на 10-15% менше.

Загальноприйнята наступна методика визначення дози коагулянту для контактного фільтрування в лабораторних умовах. У кілька циліндрів вміщується однакова кількість висхідної стічної води, потім у них по черзі вводяться різні дози коагулянту, циліндри струшуються для змішування води з коагулянтом, а потім їхній вміст фільтрується через звичайні паперові фільтри. У фільтраті визначається вміст зважених речовин і будується крива зміни мутності фільтрату при різних дозах коагулянту. Оптимальній дозі

буде відповідати перелом отриманої кривої. У досліді відбувається коагуляція астабілізованих часток суспензій і волокон целюлози паперового фільтра.

Послідовність виконання роботи

1. Визначаємо каламутність стічної води на фотоелектроколориметрі Мо = мг/л.

2. Наливаємо в 5 циліндрів по 500 мл висхідної води.

3. Залишки висхідної води фільтруємо через паперовий фільтр і визначаємо на ФЕК каламутність фільтрату.

4. Додаємо в перший циліндр 0,25 мл розчину коагулянта (що відповідає дозі 5мг/л), змішуємо перевертанням циліндру декілька разів і відразу фільтруємо пробу через паперовий фільтр.

5. В наступні циліндри додаємо відповідно 0.50; 0.75; 1.0; 1.25 мл розчину коагулянта (що відповідає дозам 10, 15, 20, 25 мг/л) та повторюємо дії п.4.

6. Визначаємо каламутності проб фільтрату на ФЕК, заносимо одержані результати до таблиці:

Доза коагулянту, мг/л	0	5	10	15	20	25
Оптична щільність фільтрату						
Каламутність фільтрату, мг/л						

7. Будуємо криву залежності каламутності фільтрату від дози коагулянта та по точці перелому визначаємо оптимальну дозу коагулянта для стічної води, що досліджувалась.

8. Порівнюємо отримане значення дози коагулянта з рекомендованим БНіП.

ЛІТЕРАТУРА: [6.ст.22]

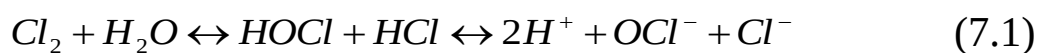
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №7. Визначення хлоропоглинання стічної води. Побудова кривої хлоропоглинання

Мета роботи - засвоїти методику побудови експериментальної кривої хлоропоглинання стічної води та визначення потрібної дози хлору за допомогою цієї кривої.

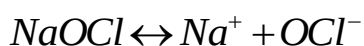
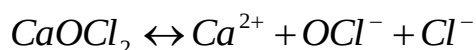
Теоретичні основи роботи

Хлор - сильний окислювач, тому використовується для деструкції органічних речовин і знезаражування стічної води. Загибель мікробів пояснюють окислюванням ферментів і клітинної речовини. Основними реагентами для хлорування води є: хлор-газ Cl_2 , хлорне вапно $CaOCl_2$, гіпохлорит натрію $NaOCl$.

При додаванні у воду хлор-газ піддається гідролізу з утворенням хлорноватистої і соляної кислот, які потім можуть дисоціювати повністю або частково

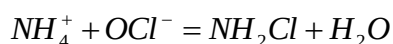


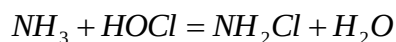
При розчиненні у воді хлорного вапна або гіпохлориту натрію також протікає дисоціація цих сполук



Суму концентрацій бактерицидних форм хлору (у міліграмах на літр) ($Cl_2 + OCl^- + HOCl$) називають вільним активним хлором. Співвідношення між перерахованими формами активного хлору визначаються величиною рН води; при підвищенні рН рівновага в реакції (7.1) зміщується вправо, при рН = 6...9 в основному у воді присутні $HOCl$ і OCl^-

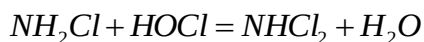
При наявності у воді аміаку або амонійних солей утворюються хлораміни





В обох випадках при малих дозах хлору утворюється монохлорамін NH_2Cl .

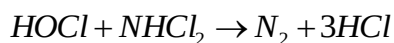
При підвищенні концентрації хлору у воді утворюється діхлорамін $NHCl_2$



Хлор у вигляді хлорамінів називають зв'язаним активним хлором.

Моно- і дихлорамін є бактерицидними та мають окисні властивості, хоча й у меншому ступені, ніж вільний активний хлор. Суму вільного та зв'язаного активного хлору називають просто активним хлором.

При подальшому підвищенні концентрації хлору у воді хлораміни розкладаються до небактерицидних сполук хлору (соляної кислоти)



Оцінити наявність у воді аналогічних сполук, органічних речовин і легкоокиснюваних мінеральних речовин можна за допомогою кривої хлоропоглинання води. Вона відображає залежність між дозою хлору та залишковим вмістом хлору у воді через 30 хв. після введення хлору. Найчастіше ця крива має вигляд, наведений на рисунку 7.1.

Умовно криву розбивають на 4 зони:

I - малі дози хлору, залишковий активний хлор через 30 хв. у воді не виявляється. Весь доданий хлор витрачається на окислювання легкоокислюваних забруднень.

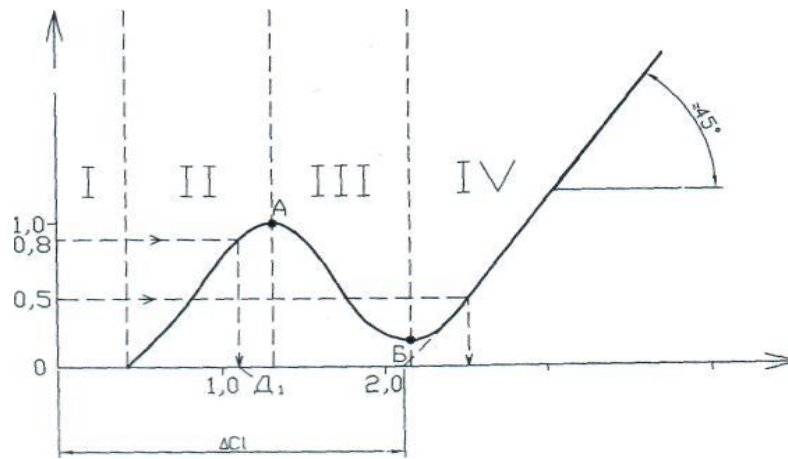


Рис. 7.1. Крива хлоропоглинання

II - зона утворення хлорамінів. Максимум на кривій - точка А, відповідає зв'язуванню всіх амонійних сполук у хлораміни. Звичайно, співвідношення між дозою хлору і концентрацією амонію-іона (у моль/л) відображається співвідношенням $Cl_2 : NH_4 \approx 4,4:1$, характерним саме для точки А. По висоті піка можна судити про концентрації у воді амонійних сполук.

III - зона розкладання хлорамінів до небактерицидних сполук хлору. Мінімум на кривій - точка Б, відповідає повному руйнуванню хлорамінів. Співвідношення дози хлору і концентрації амонію-іона (моль/л) для точки Б звичайно складає $Cl_2: NH_4 \approx 7,6:1$. Точку Б називають точкою перелому кривої.

IV - зона вільного активного хлору. У цій зоні залежність між дозою хлору і залишковим хлором звичайно являє собою пряму, кут нахилу якої близький 45° .

Якщо він менший, то у воді можна припустити наявність сполук, що каталітично розкладають хлорноватисту кислоту; кут також менший 45° , якщо вода перебуває на світлі.

Якщо пряму ділянку в зоні IV продовжити вниз до перетинання з віссю абсцис, то на ній відтинається відрізок, що приймається за величину

хлоропоглинання води. Можна вважати, що хлоропоглинання відповідає кількості хлору, витраченого на окислювання забруднень води. Чим більше хлоропоглинання, тим більше забруднена вода органічними й легкоокислюваними неорганічними речовинами. У певному ступені хлоропоглинання води повинне відповідати перманганатній окислюваності або ХСК води. .

Відповідно до норм для надійного знезаражування у воді необхідно забезпечити концентрацію залишкового активного хлору 0,3-0,5 мг/л для вільного активного хлору через 30 хв. контакту, або 0,8-1 мг/л для зв'язаного активного хлору через 1 годину контакту. Провівши горизонтальну лінію, що відповідає вмісту залишкового активного хлору, можна знайти необхідні дози хлору, з яких і варто вибрати розрахункову дозу. Якщо точка А не піднімається вище 0.8 мг/л. то хлорувати воду потрібно дозами за точкою перелому.

Таким чином, експериментальна крива хлоропоглинання води дозволяє одержати інформацію про забруднення води та необхідні дози хлору.

Послідовність виконання роботи

1. Наливаємо в 8 колб по 100 мл стічної води, що досліджується.
2. В першу колбу добавляємо 0,5 мл, в другу - 1,0 мл, в третю - 1,5 мл, в четверту - 2 мл, в п'яту - 2,5 мл, в шосту - 3 мл, в сьому - 7 мл, в восьму - 10 мл хлорної води, що відповідає дозі хлору 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0; 7,0; 10,0 мг/л.
3. Кожну пробу ретельно перемішуємо, закриваємо корками і ставимо в темне місце (шафу).
4. Через 30 хвилин визначаємо залишкову концентрацію активного хлору за методикою додатку 7 (при цьому на проби не повинні падати прямі сонячні промені).

Отримані результати заносимо в таблицю:

Доза хлору, мг/л	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3	7	10
Об'єм титрувального розчину, мл								
Кількість залишкового хлору, мг/л								

5. Будуємо графік в координатах «доза хлору - залишковий хлор» і знаходимо точки максимуму та перелому.

6. Визначаємо хлоропоглинання та дозу хлору.

7. Зробити висновок відносно ступеню забрудненості стічної води.

ЛІТЕРАТУРА: [3.ст.22, 5.ст.22]

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №8. Визначення питомого опору осаду стічної води фільтрації

Мета роботи – вивчити властивості осаду стічної води, зокрема його здібності до водовіддачі, що важливе при обезводненні осадів.

Теоретичні основи роботи

Питомий опір осаду фільтрації характеризує його водовіддаючу здатність і використовується при виборі методу обезводнення. Для його визначення розроблено ряд методик, з яких найбільш простою і достатньо точною є методика визначення опору за об'ємом фільтрату, що отримується в процесі фільтрування осаду при постійному перепаді тиску (вакуумі).

Для проведення досвіду використовується осад, що отримується після двогодинного відстоювання початкової стічної води із застосуванням реагентів. Для фільтрування осадів рекомендується використовувати паперовий фільтр (біла стрічка).

Досліди по фільтруванню опадів здійснюються на лабораторній установці (рис. 8.1), яка складається з воронки Бюхнера 1, що вставляється в мірний циліндр 2, що сполучається за допомогою вакуумних шлангів 4, через колби Бунзена 3 з вакуумом 7. Величина створюваного вакууму заміряється вакуумметром 6.

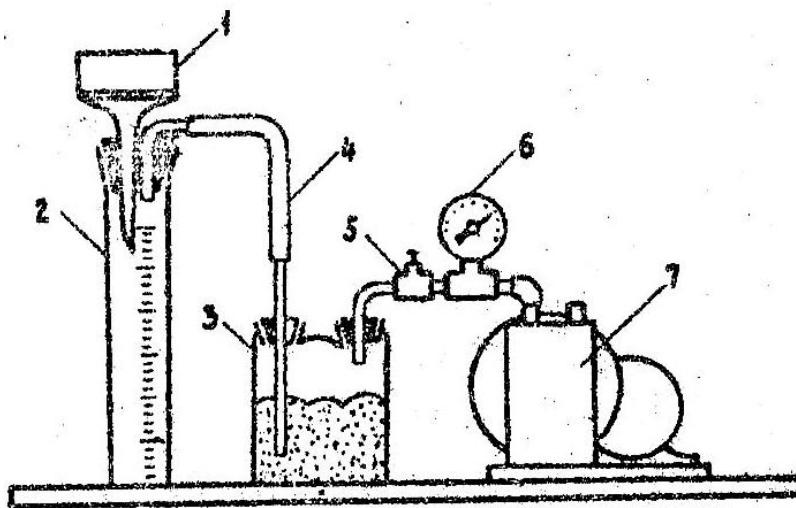


Рис. 8.1. Установка для визначення питомого опору осаду фільтруванню

1- воронка Бюхнера; 2- мірний циліндр на 500мл.; 3- судини Вульфа з поглиначем вологи; 4- вакуумний шланг; 5- замочний кран; 6- вакуумметра; 7- вакуумний насос Комовського

Підготовка до експерименту полягає в збірці установки і у встановленні періодичності відліку. Кількість фільтрату, що утворюється, заміряється через кожних 10-120 с залежно від швидкості фільтрування. Спочатку відліки проводять через коротші проміжки часу, а при уповільненні швидкості фільтрування можна їх збільшувати. Загальний час проведення експерименту залежить від швидкості віддачі води осадом. Потрібно прагнути до отримання можливо більшої кількості відліків, проте, час фільтрування для отримання достатньої кількості відліку, як правило, не перевищує 20 хв.

Порядок виконання роботи

1. На дно воронки Бюхнера укласти злегка змочений водою паперовий фільтр (біла стрічка).

2. При закритому вентилі включити вакуум і підняти вакуум до заданої величини (500 мм. рт. ст.).

3. У воронку Бюхнера налити 200-300 мл. заздалегідь перемішаного осаду і відкрити кран. При цьому відбувається деяке падіння вакууму, який необхідно знову підняти до потрібної величини.

4. По мірному циліндру заміряти об'єм фільтрату V_0 , отриманого при підвищенні вакууму до заданої величини, і одночасно включити секундомір.

Подальше фільтрування

повинне проводитися при постійному вакуумі.

5. Заміряти об'єм створюючого фільтрату V_i через кожні вибрані проміжки часу.

6. Отримані результати занести в таблицю:

Час з початку дослідів t, сек.	Об'єм фільтрату V_i , cm^3	$V = V_i - V_0$, cm^3	t/V , $\text{с}/\text{cm}^3$
10			
30			
60			
і так далі			

7. За наслідками досвіду побудувати графік залежності $t/V = f(V)$.

8. Графічно визначити параметр b , як тангенс кута нахилу прямої на графіці.

9. Визначити вміст твердої речовини в початковому осаді C_0 ваговим методом по методиці, викладеній в лабораторній роботі №1.

10. Провести розрахунок питомого опору осаду фільтрації по формулі:

$$r = 2P F 2b / (v C_0), \quad \text{см/г}, \quad (8.1)$$

де P - величина вакууму (різниця тиску по обидві сторони фільтру),
 Н/см^2 (г/см^2)

F – площа поверхні, що фільтрує, см^2 ;

v – в'язкість фільтрату, $\text{Н*с}^2/\text{см}^2$ (г/см);

C_0 – концентрація твердого в початковому осаді, г/см^3 ;

b – параметр з п. 7.

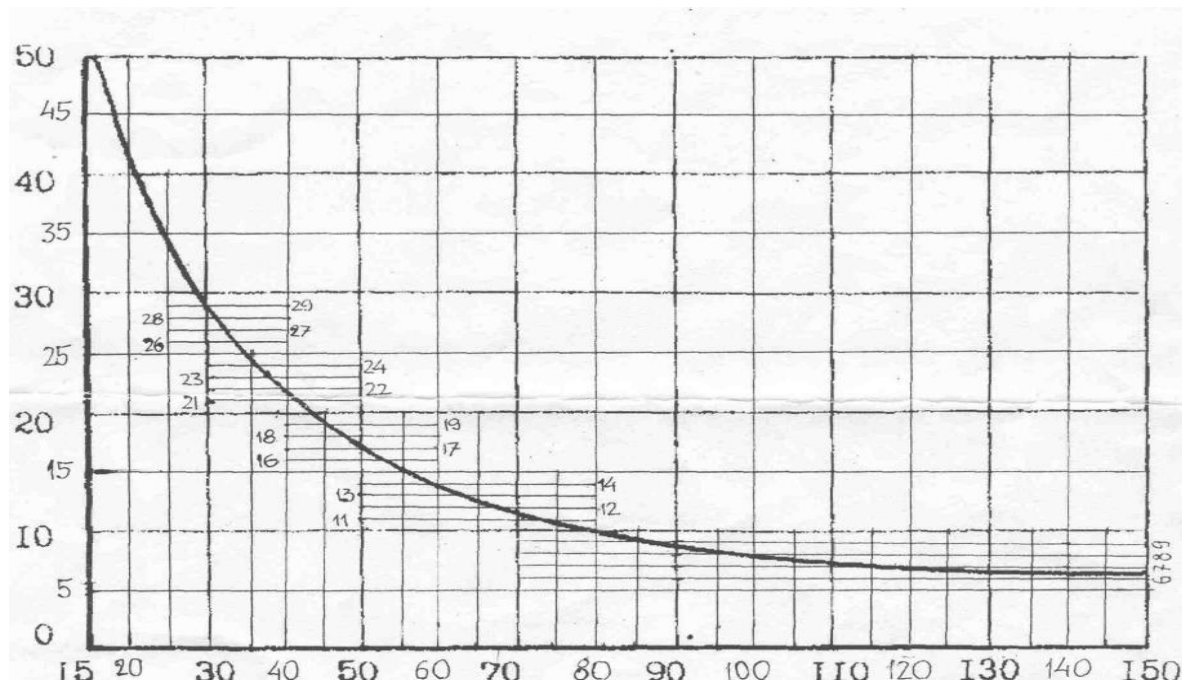
ЛІТЕРАТУРА: [5.ст.22, 6.ст.22]

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

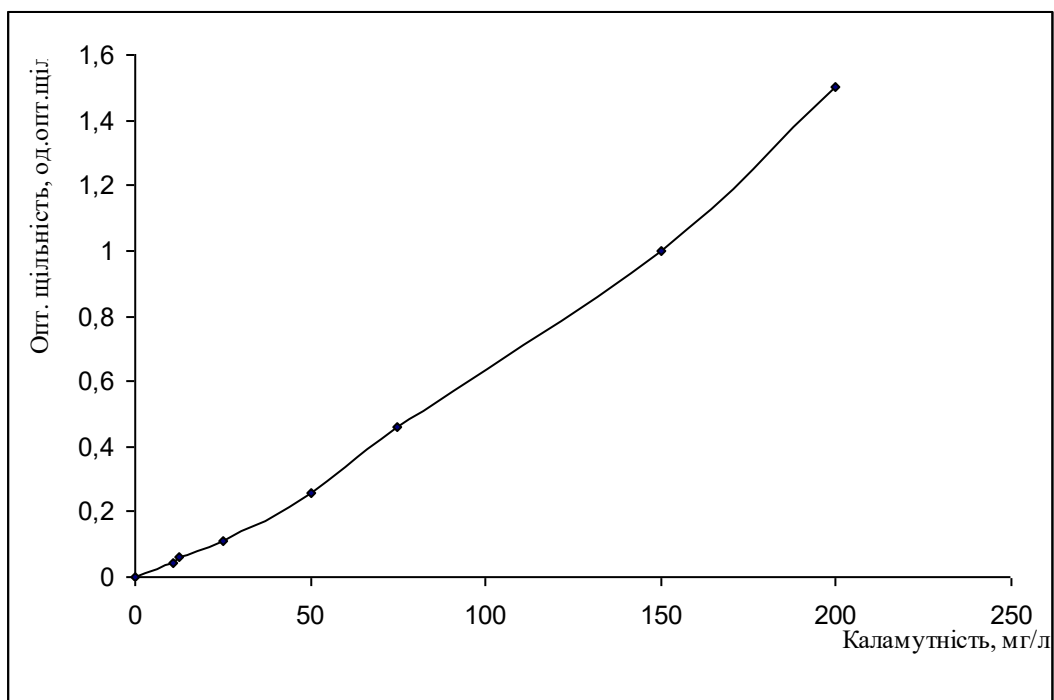
1. Унифицированные методы анализа вод / [под общ. ред. Ю.Ю.Лурье]. – М.: Химия, 1973. – 376 с.
2. Руководство по химическому и технологическому анализу воды. – М.: Стройиздат, 1973. – 272 с.
3. СНиП 2.04.02 – 84. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. – М.: Стройиздат, 1985. – 181 с.
4. СНиП 2.04.03 – 85. Канализация. Наружные сети и сооружения. – М.: Стройиздат, 1986. – 72 с.
5. Справочник по свойствам, методам анализа и очистке воды / Л.А.Кульский, И.Т.Гороновский, А.М.Когановский, М.А.Шевченко. – К.: Наук. думка, 1980. – 1206 с.
6. Карюхина, Т.А. Контроль качества воды / Т.А.Карюхина, И.Н.Чурбанова. – М.: Стройиздат, 1977. – 136 с.

Перевідна крива прозорості води в каламутність

Прозорість, см



Каламутність, мг/л

Перевідна крива оптичної щільності води в каламутність

Устрій і робота колориметра фотоелектричного концентраційного (кфк-2)

1. ПРИНЦИП ДІЇ.

Принцип вимірювання коефіцієнта пропускання полягає в тому, що на фотоприймач прямують по черзі два світлові потоки: повний F_0 і що пройшов через досліджуване середовище F_i , визначається відношення цих потоків. Відношення потоків є коефіцієнт пропускання X досліджуваного розчину:

$$X = (F_i / F_0)100\% \quad (\text{П.1})$$

На колориметрі це відношення визначається таким чином. Спочатку в світловий пучок поміщають кювету з дистильованою водою. Зміною чутливості колориметра добиваються, щоб відлік за шкалою коефіцієнтів пропускання колориметра був рівний 100. Таким чином, повний світловий потік F_0 умовно приймається рівним 100%. Потім, в світловий пучок помішають кювету з досліджуваним розчином. Отриманий відлік за шкалою коефіцієнтів пропускання колориметра відповідатиме F .

Оптична щільність визначається по формулі:

$$D = - \lg X \quad (\text{П.2})$$

2. УСТРІЙ І РОБОТА СКЛАДОВИХ ЧАСТИН КОЛОРИМЕТРА

У оптичний блок входять:

1) Освітлювач. Конструкція механізму освітлювача забезпечує переміщення лампи в трьох взаємно перпендикулярних напрямках для її правильної установки.

2) Оправа з оптикою. У неї вбудовані конденсор, діафрагма і об'єктив.

3) Світлофільтри. Світлофільтр в світловий пучок вводиться ручкою 3 (див.рис.П.1). Робоче положення кожного світлофільтру фіксується.

4) Кюветоутримувач. В нього (знаходиться усередині кюетного відділення) встановлюють кюети з розчинником або контрольним розчином. Перемикання кюет в світловому пучку проводиться поворотом ручки 4 до упору. При відкритій кришці 7 кюетного відділення шторка закриває вікно перед фотоприймачами.

5) Фотометричний пристрій включає фотоелемент, фотодіод, світлоділильну пластинку і підсилювач. Перемикання фотоприймачів здійснюється за допомогою ручки 5. Підсилювач виконаний на друкарській платі і встановлюється в колориметр через роз'єм.

6) Реєструючий прилад. Як реєструючий прилад застосований мікроамперметр 1 з шкалою, оцифрованою в коефіцієнтах пропускання і оптичної щільності D.

3. ПІДГОТОВКА КОЛОРИМЕТРА ДО РОБОТИ.

3.1.Колориметр включають в мережу за 15 хвилин до початку вимірювань. Під час прогрівання кюетне відділення повинне бути відкрите (при цьому шторка перед фотоприймачами перекриває світловий пучок).

3.2.Ввести необхідний по роду вимірювань колірний світлофільтр.

3.3.Встановити мінімальну чутливість колориметра. Для цього ручку «Чутливість» встановити в положення «1», ручку «Установка 100 грубо» - в крайнє ліве положення.

3.4.Перед вимірюваннями і при перемиканні фотоприймачів перевірити установку стрілки колориметра на «0» за шкалою коефіцієнта пропускання при відкритому кюетному відділенні. При зсуві стрілки від нульового положення її підводять до нуля за допомогою потенціометра «Нуль», виведеного під шліц.

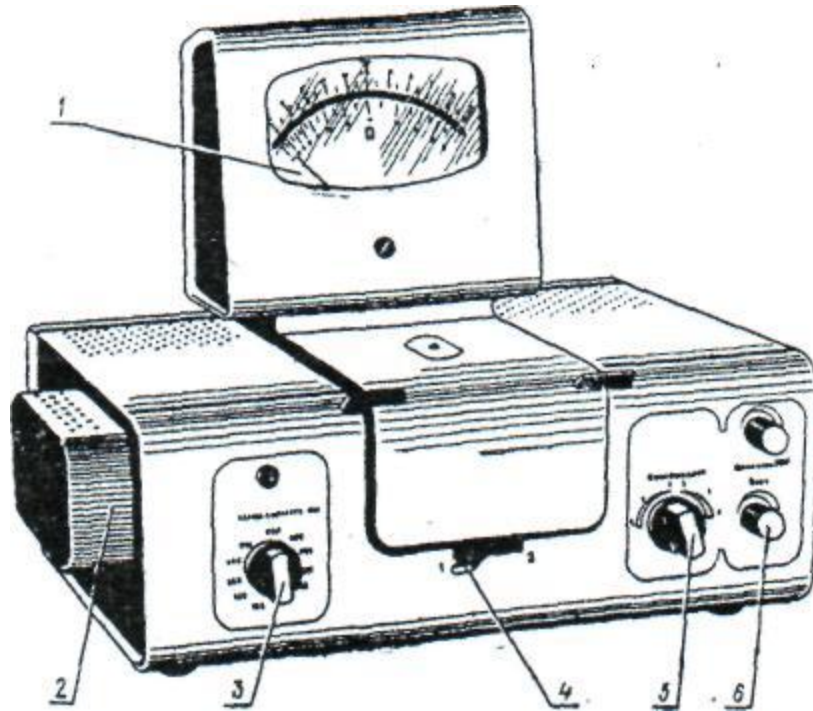


Рис. П.І. Зовнішній вигляд КФК-2.

3.5. При перемиканнях світлофільтрів ручка 5 «Чутливість» повинна знаходитися в положенні «1», а ручка 6 - «Установка 100 грубо» - в крайньому лівому положенні (мінімальна чутливість). Цим оберігається від перевантаження реєструючий прилад і запобігається можливість його псування.

3.6. Вимірювання на колориметрі слід проводити при температурі навколишнього повітря від 10 до 35°C.

3.7. При вимірюванні зі світлофільтрами 315. 364, 400. 440. 490. 540 нм. відміченими на лицьовій панелі колориметра чорним кольором, ручку «Чутливість» встановлювати в одне з положень «1», «2» або «3», відмічених на лицьовій панелі також чорним кольором.

3.8. При вимірюванні зі світлофільтрами 590. 670. 750. 870. 980 нм. відміченими на лицьовій панелі колориметра червоним кольором, ручку «Чутливість» встановлювати в одне з положень «1», «2» або «3», відмічених на лицьовій панелі також червоним кольором.

3.9.Робочі поверхні кювет винні перед кожним вимірюванням ретельно протиратися спирто-ефірною сумішшю. При установці кювет в кюветоутримувач не можна торкатися пальцями робочих ділянок поверхонь (нижче за рівень рідини в кюветі). Наявність забруднень або крапель розчину на робочих поверхнях кювети приводить до отримання невірних результатів вимірювань.

3.10.Наливають рідину в кювети до мітки на бічній стінці кювети. Не нахиляти кювету з рідиною при установці в кюветоутримувач.

3.11.Після зміни світлофільтру і при витримці колориметра при відкритій кришці кюветного відділення протягом тривалого часу (більше 5 хвилин) вимірювання починати після п'ятихвилинного засвічення фотоприймача.

3.12.Після завершення робіт на колориметрі до його виключення ручку «Чутливість» встановлювати в положення «1». позначене червоним кольором, а ручку «Установка 100 грубо» - в крайнє ліве положення, і лише після цього вимкнути тумблер «Мережа» колориметра.

4. ВИМІРЮВАННЯ КАЛАМУТНОСТІ ВОДИ.

4.1.У світловий пучок помістити кювету з дистильованою водою, по відношенню до якої проводяться вимірювання.

4.2.Закріпи кришку кюветного відділення.

4.3.Ручками «Чутливість» і «Установка 100 грубо» і «Точно» встановити відлік 100 за шкалою колориметра. Ручка «Чутливість» може знаходитися в одному з трьох положень: «1». «2» або «3».

4.4. Потім поворотом ручки 4 кювету з розчинником або контрольним розчином замінити кюветою із досліджуваним розчином.

4.5.Зняти відлік за шкалою D в одиницях оптичної щільності.

4.6.По градувальній кривій (мал. П.2) знайти каламутність води, відповідну зміряному значенню оптичної щільності.

Визначення величини рН іономіром

1. ПРИНЦИП ДІЇ.

У основу роботи приладу покладений метод потенціометра вимірювання рН і контрольованого розчину. При вимірюванні рН розчинів використовується система, що складається з вимірювального і допоміжного електродів (рис. П.5). Як вимірювальний електрод при вимірюванні рН використовується скляний електрод, а як допоміжний -хлорсрібний електрод. Для рН-150М обидва електроди суміщено в комбінований електрод.

Електродна система при зануренні в контрольований розчин розвиває ЕДС лінійно залежну від активності іонів і температури розчину. Контакт допоміжного електроду з контрольованих розчином здійснюється за допомогою електролітичного ключа насиченого розчину KCl , що забезпечує закінчення в контрольований розчин.

Розчин хлористого калія безперервно просочується через електролітичний ключ, запобігаючи проникненню з контрольованого розчину в систему допоміжного електроду сторонніх іонів, які могли б змінити величину потенціалу електроду. ЕДС електродної системи перетвориться і прочитується з індикатора рН-метра.

2. ЗАГАЛЬНІ ВКАЗІВКИ

1. Перед роботою з рН-метром необхідно підготувати складові частини рН-метра до роботи.
2. Ручна термокомплектція використовується при постійній температурі розчинів, автоматична - при температурі, що змінюється.
3. У разі утворення плівок скляні електроди необхідно промити органічними розчинниками, кислотами і лугами після чого вони повинні бути перевірені на буферних або па контрольних розчинах:

4. Для установки температури розчину при ручній термокомпенсації необхідно натискати кнопку РЕЖИМ до встановлення одиниці вимірювання °C і, обертаючи ручку РУЧН ТЕМП, встановити на індикаторі необхідне значення температури розчину, а при автоматичній термокомпенсації - під'єднати до вилки Rt перетворювача - автоматичний термокомпенсатор.

5. Електроди, що входять в комплект постачання, використовуються для вимірювання рН в діапазоні 0-12 рН і в розчинах температурою до 50°C.

6. Електроди промиваються дистильованою водою, перед зануренням в буферний або контрольований розчин залишки води з електроду віддаляються фільтрувальним папером.

7. При експлуатації рН-метра необхідно мати на увазі, що буферні і контрольні розчини при багатократному застосуванні можуть змінити значення рН.

Перш ніж проводити коректування показань приладу за допомогою ручки БУФЕР, необхідно переконатися в тому, що погрішність вимірювання викликана зміною настройки приладу, а не зміною рН буферного розчину (рН контрольного розчину).

Зміна настройки приладу може бути виявлене перевіркою по свіжоприготованому буферному розчину.

8. Після закінчення роботи з приладом електроди для вимірювання рН повинні залишатися зануреними у воду або 0,1 N розчин соляної кислоти.

9. Настройка приладу проводиться в наступних випадках:

- при заміні і (або) (перезарядці електродів);
- при отриманні приладів після ремонту або після тривалого зберігання;
- при періодичному контролі основних експлуатаційно-технічних характеристик, якщо виявилася їх невідповідність нормованим значенням.

У перші декілька днів експлуатації приладу або нового вимірювального електроду перевірку приладів по буферних розчинах слід проводити щодня, оскільки характеристики вимірювального електроду можуть змінитися.

При подальшій роботі приладу перевірка по буферних розчинах може проводитися рідше (до 1 разу на три дні).

3. ВИМІРЮВАННЯ pH РОЗЧИНУ

3.1. Промити електродну систему дистильованою водою та видалити потім залишки фільтрувальним папером.

3.2. Установити температурну компенсацію. Нажати кнопку одного з діапазонів виміру, крім "-1-19"; нажати кнопку "t°" і ручкою "ТЕМПЕРАТУРА РОЗЧИНУ" установити стрілку приладу на значення по шкалі 0... 100 відповідно до вимірюваної температури розчину.

3.3. Нажати кнопки: "АНІОНИ/КАТІОНИ". "pX" та "-1...19" (по шкалі «-1...19» виконується грубий вимір величини pH, і визначається діапазон виміру величини по одній з вузьких шкал "-1...4", "4...9" й "9...14").

3.4. Нажати кнопку обраного вузького діапазону виміру.

3.5. Зробити відлік показань pH після повної зупинки стрілки.

Примітка. Звичайний час установлення показань не перевищує 3 хв, однак, у деяких розчинах воно може досягати 10 хв.

3.6. Обчислити значення pH контрольованого розчину (підсумувати сталі показання приладу зі значенням, що відповідає початку діапазону. Наприклад, значення величини pH, що встановилася на вузькому діапазоні "4...9" дорівнює 3,55, тоді величина pH досліджуваного розчину дорівнює 7,55 ($4 + 3,55 = 7,55$).

1.7. Нажати кнопки "АНІОНИ/КАТІОНИ", «pH» і діапазон "1...19".

3.8. Знову промити електродну систему дистильованою водою, промокнути фільтрувальним папером і занурити в склянку з дистильованою водою.

Визначення лужності води

Визначається титруванням розчином соляної кислоти. Відбирають 100 досліджуваної води (або менший об'єм доводять до 100 мл дистильованою водою), додають 2 краплі (0,1 мл) розчину метилового оранжевого. Потім титрують на білому фоні 0,1N розчином соляної кислоти до моменту переходу забарвлення метилового оранжевого жовтого в оранжеве.

Лужність визначається по формулі

$$K = 100 a / V , \quad (П.3)$$

де a - об'єм 0.1 п розчину реагенту, витраченого на титрування, мл;

V - об'єм проби, взятої для титрування (без урахування дистильованої води. використовуваної для доведення проби до 100 мл) мл.

Визначення вмісту кальцію**Кальцій**

Відбирають 100 мл досліджуваної води або менший об'єм. Менший об'єм доводять дистильованою водою до 100 мл. Потім додають приблизно 2 мл 1N розчину їдкого натру та від 0.1 до 0.2 г суміші індикатора мурексиду, після чого повільно титрують комплексом III (трилоном Б) до появи інтенсивного фіолетового забарвлення.

При проведенні аналізу варто звернути увагу на наступні особливості: проба, яка титрується, не повинна мати лужність більше 6 мг-екв/л, рН 12-13. Крім того, при додаванні NaOH в осад не повинен випадати карбонат кальцію. У такому випадку лужність нейтралізують 0,1 N розчином HCl.

Концентрацію кальцію (мг-екв/л) визначають по формулі (П.3). Вагову концентрацію в мг/л отримують множенням отриманого значення на 20.

Визначення концентрації активного хлору

До 100 мл досліджуваної води додають 5 мл розчину йодиду калію. 5 мл буферної суміші та 1 мл розчину крохмалю. При наявності активного хлору у воді з'являється синє забарвлення розчину. Потім по краплях додають розчин тіосульфату натрію до знебарвлення розчину. (При несвіжому крохмалі забарвлення розчину може бути жовто-коричневим). Вміст активного хлору обчислюється по формулі

$$X = V_1 N \cdot 35.5 \cdot 1000 / V_2, \quad (\text{П.4})$$

де V_1 - об'єм розчину тіосульфату натрію, витрачений на титрування, мл;

N - коефіцієнт нормальності тіосульфату натрію;

V_2 - об'єм води, узятої для титрування.

НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНЕ ВИДАННЯ

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
ДО ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ З ДИСЦИПЛІНИ
«ВОДОПОСТАЧАННЯ, ВОСПОЖИВАННЯ ТА
ОЧИСТКА СТІЧНИХ ВОД»
для студентів всіх форм навчання**

Комп'ютерний набір і верстка: Зав'ялова О.Л.

ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»
85300, м. Покровськ, пл. Шибанкова, 2.
