

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до виконання лабораторної роботи
«Визначення водневого показника стічних вод та
кількості нейтралізуючого розчину»
з дисципліни «Основи екології»
для студентів усіх спеціальностей

Затверджено
редакційно-видавничою
радою університету,
протокол № 2 від 25.06.2020 р.

Харків
НТУ «ХПІ»
2020

Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи «Визначення водневого показника стічних вод та кількості нейтралізуючого розчину» з дисципліни «Основи екології» для студентів усіх спеціальностей / Уклад. : В. В. Березуцький, О. О. Кузьменко, О. В. Толстоусова, Г. М. Панчева – Харків : НТУ «ХП», 2020. – 20 с.

Укладачі

Березуцький В. В.,
Кузьменко О. О.,
Толстоусова О. В.,
Панчева Г. М.

Рецензент

Древаль О. М

Кафедра безпеки праці та навколишнього середовища

ВИЗНАЧЕННЯ ВОДНЕВОГО ПОКАЗНИКА СТІЧНИХ ВОД ТА КІЛЬКОСТІ НЕЙТРАЛІЗУЮЧОГО РОЗЧИНУ

Лабораторна робота виконується у рамках вивчення теми «Природні та антропогенні фактори впливу на біосферу» з метою надання практичних навичок у фізико – хімічних методах очищення стічних промислових вод для захисту гідросфери.

Мета роботи – оволодіння електрометричним і колориметричним методами визначення водневого показника рН промислових стічних вод та методикою розрахунку кількості нейтралізуючих розчинів при різних способах нейтралізації лужних стоків.

1. ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Основна причина сучасної деградації природних вод – антропогенне забруднення, головними джерелами якого є стічні води промислових підприємств, комунальних господарств населених пунктів, об'єктів сільсько-го господарства та атмосферні випадання забруднень на поверхню водойм і водозбірних басейнів, включаючи наслідки ливневих стоків, а також талі води. Забрудненість гідросфери здобула настільки значних масштабів і темпів, що перевищила забрудненість інших природних середовищ і поставило під загрозу цілісність існування екосистем і нормальні умови функціонування економіки.

Сільськогосподарські та комунальні стоки визивають інтенсивну евтрофікацію вод, тобто збагачення водойм біогенними елементами, що супроводжується знищенням їх продуктивності. Це стимулює розвиток фітопланктону, знижує концентрацію розчиненого кисню, від чого вода мутніє, гинуть рослини, задихаються риби, молюски, ракоподібні та інші організми, що живуть на глибині. Анаеробні водойми характеризуються неприємним запахом.

Промислові стічні води відрізняються підвищеною або зниженою кислотністю, містять солі важких металів, феноли, нафтопродукти, синтети-

чні поверхнево активні речовини, інші миючі засоби та інше. Від ступеню кислотності води залежить діяльність практично усіх ферментів, гормонів та білків в організмі, що регулюють метаболізм, процеси зростання та розвитку. Стоки з підвищеною кислотністю приводять до загибелі риби та інших водних організмів.

Захист водних ресурсів і їх очищення – важлива технічна, економічна і соціальна задача, від рішення якої залежить збереження біоценозу, поліпшення умов праці та життя людей, розвиток промисловості і економіки держави у цілому. Але сьогодні об'єм очищених стоків складає лиш незначну частину усіх забруднених вод (до 10 %) із-за перенавантаження та низької ефективності роботи очисних споруд.

При незначній зміні кислотності води риби втрачають здатність розмножуватися – гинуть яйцеклітини, личинки та молодь. Загибель риби розриває харчові ланцюги майже усіх диких тварин та порушує екологічну рівновагу у водоймах: скорочуються популяції єнотів та інших ссавців, водоплавної та перелітної птиці, в тому числі тих, що живляться комахами, личинки яких розвиваються у воді.

Кислотність стоків характеризується водневим показником рН. Відомо, що дуже незначна частина молекул води дисоціює на водневі H^+ та гідроксильні OH^- іони. У хімічно чистій воді їх концентрації рівні і складають 10^{-7} г-іон/дм³ при 22°C. Вода та розбавлені водні розчини при незмінній температурі належать до дуже слабких електролітів, для яких можна записати рівняння константи дисоціації води:

$$K_{H_2O} = [H^+] \cdot [OH^-] = 10^{-7} \cdot 10^{-7} = 10^{-14}. \quad (1)$$

Добуток ($[H^+] \cdot [OH^-]$) одержав назву *іонний добуток води* і є величиною постійною. Для характеристики кислотності або лужності води за допомогою водневого показника рН достатньо визначити концентрацію іонів водню. Показник рН являє собою від'ємний десятковий логарифм концентрації водневих іонів в рідині:

$$pH = -\lg[H^+]. \quad (2)$$

Розчини, в яких концентрації іонів водню та гідроксид-іонів однакові, названі нейтральними. Для нейтрального розчину $pH = 7$. В кислих розчинах більше концентрація іонів водню, в лужних – гідроксид-іонів. Іонний добуток води у кожному випадку залишається постійним і рівним 10^{-14} .

Величина pH є одним із основних показників промислових стічних вод, який характеризує їх агресивність. Схематично розподіл показників pH стічної води за активністю представлено на рисунку 1.



Рисунок 1. – Показники pH стічної води

В таблиці 1 приведено розподіл стічних вод промислових підприємств по ступеню їх активності та значенню pH .

Таблиця 1 – Розподіл стічних вод по ступеню їх активності та значенню pH

| № | Активність стічних вод | Величина pH |
|---|-----------------------------------|---------------|
| 1 | Сильно кислі або агресивні | до 6,0 |
| 2 | Слабко кислі або слабко агресивні | 6,0 – 6,5 |
| 3 | Нейтральні або неагресивні | 6,5 – 8,5 |
| 4 | Слабко лужні або слабко агресивні | 8,5 – 9,0 |
| 5 | Сильно лужні | понад 9,0 |

Нормативні значення pH у водних об'єктах повинні відповідати вимогам [1-3]. Так, за нормативними вимогами води вододій господарчого

питного та культурно-побутового призначення після їх змішування зі стічними водами повинні мати рН у межах 6,5 – 8,5.

Якщо рН виходить за межі цих значень, для попередження корозії металу каналізаційних очисних споруджень, порушення біохімічних процесів у водоймах, а також осідання із стічних вод солей важких металів кислі та лужні стічні води нейтралізують. При цьому ураховують нейтралізаційну здатність водоймищ та лужний резерв міських стічних вод.

Існують такі основні засоби нейтралізації стічних вод:

- змішування кислих стічних вод з лужними стічними водами;
- додавання реагентів (розчинів кислот, негашеного вапна CaO , гашеного вапна $\text{Ca}(\text{OH})_2$, кальцинованої соди Na_2CO_3 , каустичної соди NaOH , аміаку NH_4OH);
- фільтрування крізь нейтралізуючі матеріали (вапно, вапняк CaCO_3 , доломіт $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$, обпалений магнезит MgO).

Для вибору реагенту потрібно знати активну реакцію води, тобто ступень її кислотності або лужності.

Коли стічні води нейтралізують змішуванням двох розчинів із протилежними значеннями рН, визначальними показниками нейтралізації є рН стічних вод та об'єми реагуючих розчинів.

При відомих значеннях рН та об'єму стічної води $V_{\text{ст}}$, яку потрібно нейтралізувати, об'єм нейтралізуючого розчину реагенту $V_{\text{н}}$, знаходиться з співвідношень:

$$V_{\text{ст.експ}}/V_{\text{н.експ}} = V_{\text{ст}}/V_{\text{н}} \quad (3)$$

$$V_{\text{н}} = V_{\text{н.експ}} \cdot V_{\text{ст}}/V_{\text{ст.експ}} \quad (4)$$

де $V_{\text{ст.експ}}$, $V_{\text{н.експ}}$ – відповідно об'єми стічної води та нейтралізуючого розчину, які визначені при експериментальному визначенні потрібних об'ємів реагентів в процесі титрування, тобто при поступовому додаванні контрольованої кількості реагенту (наприклад, кислих стічних вод або кислоти) до розчину, що аналізується (наприклад, лужних стічних вод).

В процесі титрувального аналізу знаходять об'єм розчину відомої концентрації, який витрачається на нейтралізацію відомого об'єму розчину, що досліджується.

Важливо додавати саме кислі розчини до лужних, бо перехід кольору розчину при титруванні від фарбованого до обезбарвленого наші очі сприймають краще ніж перехід від обезбарвленого до слабко фарбованого.

Об'єм стічної води $V_{ст}$ приймається згідно завдання викладача і може мати значення 25, 30, 35, 40 м³.

Величину рН можна визначити двома методами: колориметричним та електрометричним. Колориметричний метод найчастіше застосовують у польових умовах, наприклад, у вигляді індикаторних папірців (рис.2), які змінюють колір у залежності від рівня рН. Обмеженість цього метода обумовлена тим, що на колір індикатору впливає інтенсивність забарвлення та каламутність проби, підвищена або знижена концентрація солей, а також наявність у воді домішок та речовин, які окислюють чи відновлюють. Але цей засіб простий у використанні і при великій кількості досліджень значно скорочує трудовитрати.



Рисунок 2 – Папір індикаторний універсальний

Електрометричний засіб є більш точним та універсальним. У лабораторній роботі при використанні цього методу використовується електрометричний прилад іономер ЕВ-74.

2. МАТЕРІАЛИ ТА ПРИЛАДИ

Для проведення експерименту потрібні наступні прилади, матеріали та реактиви: універсальний іономер ЕВ-74, склянки зі стічною водою, що досліджується, набір склянок, дистильована вода, фільтрувальний папір, вимірювальні бюретки, спиртовий розчин фенолфталеїну, розчин соляної кислоти, набір індикаторних папірців.

Папір індикаторний універсальний призначений для визначення рН рідин в діапазоні від 0 до 12 з кроком одна одиниця рН. Під час використання індикаторних смужок для визначення рН смужку змочують в досліджуваному розчині на протязі однієї секунди так, щоб індикаторна зона була повністю занурена в розчин. Потім смужку виймають і відразу ж порівнюють забарвлення індикаторної зони смужки з кольоровою еталонною шкалою, яка знаходиться на бічній поверхні пластикової туби. Оцінюють схожість фарбування і визначають значення рН.

Універсальний іономер ЕВ-74 у комплекті із іоноселективними електродами призначений для визначення активності одно- та двовалентних аніонів і катіонів, тобто величини рН водних розчинів, а також для виміру величини окислювально-відновних потенціалів цих розчинів. Значення рН розчину, який досліджується, визначається виміром електрорушійної сили ЕРС електродної системи за допомогою перетворювача, шкалу якого проградуировано у одиницях рН.

Загальний вигляд універсального іономеру ЕВ-74 у робочому стані приведено на рисунку 3.

Прилад складається із перетворювача і підставки, яка призначена для кріплення електродів і розміщення склянки з контрольним розчином. На передній панелі перетворювача розташовані коректор нуля 1 вимірювальної шкали 2 для оцінки рН у різних діапазонах виміру, вимикач мережі 4, лампочка включення 5 та кнопки оперативного керування: кнопки вибору

роду робіт 3, кнопки вибору діапазону виміру 6, ручки перемінних резисторів 7. На підставці 15 за допомогою кронштейнів 10 та тримача 13 кріпиться поворотний столик 14, на який встановлюється склянка з дослідним розчином 12, а в ній за допомогою тримача 11 містяться термометр 9 та електроди 8.

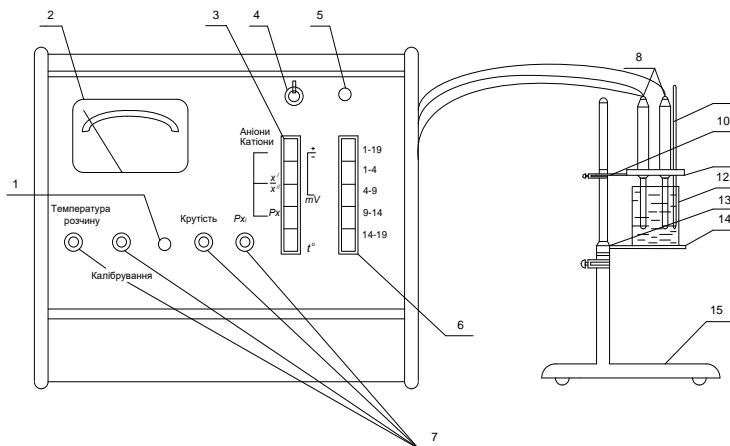


Рисунок 3 – Загальний вигляд іономера EB-74

Скляні лабораторні електроди ЕСЛ-43-07, ЕСЛ 63-07 призначені для перетворення значення активності іонів водню водних розчинів (величини рН) у значення ЕРС. Вибір електродів залежить від виду іону, меж і температури виміру. В якості електроду порівняння використовується допоміжний електрод ЕВЛ-1МЗ.

Для точного виміру об'єму рідини в роботі використовують бюретку певної ємності, яка являє собою скляну проградуйовану трубку 4, що має притертий кран або капіляр 1, приєднаний до бюретки за допомогою гумової трубки 3 (рис. 4). У середину гумової трубки закладають скляну намистину 2, яка закриває вихід рідини із бюретки. Для витікання рідини

гумову трубку відтискають від намістини, здавив її пальцями крізь гумовий шланг.

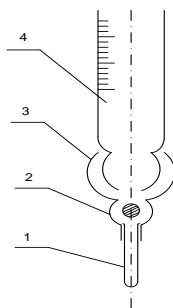


Рисунок 4 – Схема устрою бюретки

Бюретку заповнюють рідиною за допомогою лійки. При цьому треба заповнити і скляний капіляр. Якщо у капілярі залишилась булька повітря, гумову трубку згинають таким чином, щоб спрямувати капіляр угору, і витиснути рідиною усе повітря.

Перед початком роботи рівень рідини у бюретці встановлюють на нульовій позначці. Для цього наливають розчин у бюретку на 2-3 см поверх нульової позначки, а потім зливають надлишок рідини. Рівень прозорих розчинів встановлюють по нижньому краю меніску, непрозорих – по верхньому. При відліку по бюретці око спостерігача знаходиться у одній площині з рівнем рідини.

За допомогою бюретки здійснюють також титрування. Для титрування у бюретку наливають розчин відомої концентрації і приводять бюретку у робочий стан. Мірним циліндром відбирають точний об'єм розчину, концентрацію якого треба визначити, і переносять його у конічну колбу. У цю ж колбу додають 2-3 краплі фенолфталеїну. Титрування проводять на фоні білого листка паперу.

При титруванні розчин відомої концентрації з бюретки по краплям додають у колбу з розчином, який аналізується, і безперервно перемішують за допомогою струшування. Кінець титрування встановлюють по зміні кольору індикатора. Об'єм розчину, який пішов на нейтралізацію, фік-

сують. Дослід повторюють три рази і беруть середнє арифметичне отриманих результатів.

3. ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТ

3.1. Визначення водневого показника рН розчинів колориметричним методом

Визначити рН стічної води, що досліджується. Для цього у склянку зі зразками стічної води занурюють край індикаторного папірця, відбувається зміна кольору, за яким ідентифікують відповідний рН по еталонній шкалі від 0 до 12. Далі визначають ступінь активності промислових стічних вод за значенням рН за таблицею 1.

3.2. Визначення водневого показника рН розчинів електрометричним методом

Підготувати прилад ЕВ-74 до роботи: кнопки вибору роду робіт установити у положення «t» та «1-19», після чого прилад увімкнути до мережі і прогріти протягом 30 хвилин. Електроди промити дистильованою водою, залишки води видалити фільтрувальним папером.

Визначити рН стічної води, яка досліджується. Для цього занурити електроди у склянку з розчином, який досліджується, таким чином, щоб електроди не торкалися стінок та дна склянки. Натиснути кнопки вибору роду робіт («аніони/катіони» і «рН»). Натиснути кнопку вибору діапазону виміру. Зробити відлік показань не раніш ніж за 3 хвилини.

3.3. Нейтралізація стічних вод

Завдання №1. Нейтралізація змішуванням стічних вод з протилежними значеннями водневого показника рН.

Отримати у лаборанта пронумеровані хімічні склянки з кислотними та лужними розчинами.

Визначити мірними циліндрами об'єми отриманих лужних розчинів. Результати $V_{ст.експ}$ записати у таблицю 2 (графа 3).

Визначити величину рН розчинів приладом ЕВ-74 (або універсальним індикаторним папером) і записати у таблицю 2 (графа 4).

Додати у лужні розчини одну-дві краплі фенолфталеїну.

Налити у бюретку один з кислотних розчинів з відомою найменшою величиною рН (більш кислу) і привести бюретку у робочий стан.

Оттитрувати відібраний лужний розчин кислим розчином. Кінець титрування визначити по зникненню рожевого коліру. Титрування провести три рази і розрахувати середнє арифметичне отриманих даних. Результати вимірів ($V_{н.експ}$) перевірити у лаборанта і записати у таблицю 2 (графа 7).

Визначити остаточну величину рН оттитрованого розчину приладом ЕВ-74 і записати у таблицю 2 (графа 8).

Таблиця 2 – Результати досліджень нейтралізації змішуванням розчинів з протилежними значеннями показника рН

| № дослідження | Вид промислових стічних вод, (лужна чи кисла) | Об'єм стічних вод, $V_{ст.експ}$, взятих для аналізу, мл | Водневий показник рН Промислових стічних вод, взятих для аналізу | Нормоване значення рН для водного об'єкту | Показник рН нейтралізованого розчину | Визначений об'єм нейтралізуючого розчину, $V_{н.експ}$, мл | Значення рН відтитрованого розчину |
|---------------|---|---|--|---|--------------------------------------|---|------------------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |

З урахуванням результатів проведених досліджень виконати розрахунки по формулі (4), отримав у викладача цифру об'єму стічної води, яку потрібно нейтралізувати. Результати розрахунків звести у таблицю 3.

Таблиця 3 – Результати розрахунків об'єму нейтралізуючого розчину

| Об'єм стічної води, $V_{\text{ст}}, \text{м}^3$, який потрібно нейтралізувати | Показник рН стічної води, яку нейтралізуємо | Об'єм нейтралізуючого розчину, $V_{\text{н}}, \text{м}^3$ | Показник рН нейтралізуючого розчину |
|--|---|---|-------------------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 |

Значення рН та об'єм стічної води, для якої необхідно розрахувати кількість нейтралізуючого розчину $V_{\text{н}}, \text{м}^3$, вибирають серед лужних стічних вод, нейтралізуючий розчин – серед кислих стічних вод (графта 2 таблиці 2).

Завдання 2. Нейтралізація стічних вод за допомогою соляної кислоти.

У випадку, коли для нейтралізації стічних вод потрібні значні об'єми нейтралізуючих розчинів (наприклад у разі, якщо $V_{\text{н}}$ в 2-3 рази перевищує $V_{\text{ст}}$), використовують реагенти, наприклад, соляну кислоту.

Отримати у лаборанта лужні розчини стічних вод у пронумерованих хімічних склянках. Виміряти об'єми отриманих розчинів ($V_{\text{ст.експ}}$) мірним циліндром та записати у таблицю 4.

Виміряти величину показника рН лужних стічних вод приладом ЕВ-74 і записати.

Додати у лужні розчини одну-дві краплі фенолфталеїну.

Налити у бюретку розчин соляної кислоти відомої концентрації і привести бюретку у робочих стан.

Оттитрувати відібраний лужний розчин соляною кислотою. Кінець титрування визначити по зникненню рожевого кольору фенолфталеїну. Титрування провести три рази і розрахувати середнє арифметичне отриманих даних. Результати титрування ($V_{\text{н.експ}}$) перевірити у лаборанта і записати у графі 7 таблиці 4. Концентрацію соляної кислоти приводять у моль/дм³.

Виконати розрахунки по формулі (4), отримав у викладача величину об'єму стічної води, яку потрібно нейтралізувати. Результати звести у табл. 3.

Таблиця 4 – Результати розрахунків при нейтралізації реагентами

| № дослідження | Вид промислових стічних вод (лужна чи кисла) | Об'єм лужних стічних вод, $V_{\text{ст.експ}}$ взятих для аналізу, мл | Водневий показник рН лужних стічних вод | Нормоване значення рН для промислових стічних вод | Концентрація соляної кислоти, моль/дм ³ | Визначений об'єм нейтралізуючої кислоти, $V_{\text{н.експ}}$ мл |
|---------------|--|---|---|---|--|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |

3.4 Зміст звіту

Звіт до лабораторної роботи повинен включати:

1. назву роботи;
2. мету роботи;
3. основні теоретичні положення;
4. результати вимірювань та розрахунки у вигляді таблиць;
5. аналіз результатів та висновки.

Контрольні запитання

1. Якими нормативними документами регламентуються вимоги до стічних вод?
2. За яким принципом діє універсальний іонометр ЕВ-74?
3. Яке призначення і практичне застосування має «Папір індикаторний універсальний»?
4. Для чого використовують бюретку?
5. Які є методи визначення водневого показника рН? Їх переваги і недоліки?
6. Дайте визначення показника рН?
7. Які існують засоби нейтралізації стічних вод?
8. Як визначається константа дисоціації води?
9. Як визначають іонний добуток води?
10. Як поділяються стічні води за водневим показником рН?
11. Яка точність вимірів у даних дослідженнях?

Список джерел інформації

1 Правила технічної експлуатації систем водопостачання та каналізації населених пунктів України. – Затвердж. наказом Держжитлокомунгоспу України № 30 від 05.07.1995 р.

2 Про затвердження Правил охорони поверхневих вод від забруднення зворотними водами. – Затвердж. постановою КМУ № 465 від 25.03.1999 р.

3. Правила охорони внутрішніх морських вод і територіальних морів України від забруднення та засмічення. – Затвердж. постановою КМУ від 19.02.1996 року №269. Нова редакція затверджена постановою КМУ від 29.03.2002 року №431.

4 ДСанПіН 2.2.4-171-10. Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною. –Затвердж. наказом МОЗ України № 400 від 12.05.2010 р.

5. ДСТУ 4077-2001. Якість води. Визначення рН (ISO 10523:1994, MOD).

6 Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями / НДУ УКРНДІЕП. – Харків : НДУ УКРНДІЕП, 2012.

7 Інструкція про порядок розробки та затвердження гранично допустимих скидів (ГДС) речовин у водні об'єкти із зворотними водами. – Затвердж. постановою Мін'юст України № 313/523 23.12.1994 р.

8 Водний кодекс України : Офіційне видання. – Київ : ВД «Ін Юре», 2004. – 136 с.

9 Водна Рамкова Директива ЄС 2000/60/ЄС. Основні терміни та їх визначення : Офіційне видання. – Київ, 2006. – 240 с.

10 Директива 2008/105/ЄС Європейського Парламенту та Ради від 16 грудня 2008 року про стандарти якості довкілля у сфері водної політики [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.eea.europa.eu/policydocuments/2008-105-ec>.

11 Гриценко А. В. Шляхи удосконалення правил охорони поверхневих вод України від забруднення та засмічення /А. В. Гриценко //Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення : зб. наук. ст.

XI Міжнар. науково практ. конфер. (м. Харків, 7-11 вересня 2015 р.) /УКРНДІЕП. – Харків : Райдер, 2015. – С. 3–6.

12 Звіт про реалізацію національної екологічної політики у 2012 році з обов'язковим розділом щодо дотримання Орхуської конвенції [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.menr.gov.ua/ecopolit>.

13 Інформаційно-аналітичні огляди «Стан довкілля в Україні» [Електронний ресурс]. – Режим доступу :<http://www.menr.gov.ua/dopovidi/infooglyad>

14 Правила охраны поверхностных вод. – Москва : 1991. – 34 с.

ЗМІСТ

| | |
|--|----|
| 1. Загальні положення..... | 3 |
| 2. Матеріали та прилади..... | 8 |
| 3. Порядок виконання робот..... | 11 |
| 3.1 Визначення водневого показника рН розчинів колориметричним засобом..... | 11 |
| 3.2 Визначення водневого показника рН розчинів електрометричним засобом..... | 11 |
| 3.3 Нейтралізація стічних вод..... | 13 |
| 3.4. Зміст звіту..... | 14 |
| Контрольні запитання..... | 15 |
| Список джерел інформації..... | 16 |

Навчальне видання

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання лабораторної роботи
«Визначення водневого показника стічних вод
та кількості нейтралізуючого розчину»
з дисципліни «Основи екології»
для студентів усіх спеціальностей

Укладачі БЕРЕЗУЦЬКИЙ Вячеслав Володимирович,
 КУЗЬМЕНКО Олена Олексіївна,
 ТОЛСТОУСОВА Оксана Валеріївна
 ПАНЧЕВА Ганна Михайлівна,

Відповідальний за випуск проф. Березуцький В. В.

Роботу до видання рекомендувала проф. Пономаренко О. І.

В авторській редакції

План 2020 р., поз. 125

Підп. до друку 25.06.2020. Формат 60×84 1/16. Папір офсетний. Друк –
різографія. Гарнітура Times New Roman. Ум. друк. арк.
Наклад 10 прим. Зам. № _____. Ціна договірна.

Видавничий центр НТУ «ХП». 61002,
Свідоцтво про державну реєстрацію ДК № 5478 від 21.08.2017 р.
61002, Харків, вул. Кирпичова, 2.

Виготовлювач : ФОП Панов А. М.
Свідоцтво серії ДК № 4847 від 06.02.2015 р.
М. Харків, вул. Жон Мироносиць, 10, оф. 6
Тел. +38(057)714-06-74, +38(050)976-32-87
copy@vlavke.com