Міністерство освіти і науки України
Національний університет водного господарства та природокористування
Кафедра водопостачання, водовідведення та бурової справи

03-05-57

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

з навчальної практики
«Моніторинг та інженерні методи охорони довкілля»
для студентів за напрямом підготовки
6.060101 «Будівництво»
професійного спрямування «Водопостачання і водовідведення»

Рекомендовано методичною комісією за напрямом підготовки 6.060101 «Будівництво» професійного спрямування «Водопостачання і водовідведення» Протокол № 7 від 11.03. 2014 р.

Рівне – 2014

Національний університет водного господарства та природокористування

Методичні вказівки з навчальної практики «Моніторинг та інженерні методи охорони довкілля» для студентів за напрямом підготовки 6.060101 «Будівництво» професійного спрямування «Водопостачання і водовідведення»./ О.С. Новицька, С.М.Назаров – Рівне: НУВГП, 2014. – 28 с.

Упорядники: О.С. Новицька, канд. техн. наук, доцент кафедри теплогазопостачання і вентиляції, С.М.Назаров, канд. техн.. наук, доцент кафедри водопостачання, водовідведення та бурової справи

Національний університет водного господарства та природокористування

Відповідальний за випуск: В.О.Орлов, д.т.н, професор, завідувач кафедри водопостачання, водовідведення та бурової справи.

© Новицька О.С., 2014
Назаров С.М., 2014
© НУВГП, 2014

Національний університет
водного господарства
та природокористування

З М І С Т

Вступ …… 3
Правила безпечної роботи в лабораторії ……. 4
Правила відбору та транспортування проб води …… 4
Визначення pH води …….. 5
Визначення вмісту розчиненого кисню у воді …… 8
Визначення біохімічного споживання кисню (БСК) ……. 13
Визначення вмісту амоній- та нітрит-іонів у воді ……. 17
Біологічний контроль за санітарним станом водойми …….. 23
Додаток 1 …… 27
Література …….. 28

ВСТУП

Практика студентів з дисципліни «Моніторинг та інженерні методи охорони довкілля» має на меті закріпити теоретичні знання та навички лабораторних робіт, практично застосовувати їх та комплексно підходити до задач санітарної охорони водойм.

Практику проходять на базі гідрохімічної лабораторії кафедри водопостачання, водовідведення, та бурової справи. Під час практики група студентів ділиться на бригади по три (чотири) практиканта в кожній із них. Перед початком практики керівник проводить загальний інструктаж із охорони праці і безпеки життєдіяльності.

Об'єктом обстеження є річка Устя, що протікає територією міста Рівне. Студенти знайомляться з загальною характеристикою річки, з організацією контролю за її станом та природоохоронної служби області.

Для проходження практики студенти обстежують річку Устю в межах міста, від Басівкутського озера до мосту по вул. Князя Володимира. Під час маршрутного обстеження студенти визначають стан берегової зони, зовнішній вигляд водойми, метеорологічні умови на момент обстеження, відбирають проби води, доставляють їх у лабораторію. Відібрані проби студенти аналізують за такими показниками: водневий показник pH, концентраціями розчиненого кисню, амонійних солей, нітритів, БСК, виконують біологічне дослідження водойми.

Кожна бригада записує результати обчислень, час та умови відбору проб, результати аналізів, замальовує всі необхідні схеми, оцінює стан водойми та її самоочисну здатність тощо. Конспект слугує основою для написання звіту. У кінці практики бригади складають та здають звіти про проходження практики.

Національний університет
водного господарства
та природокористування

ПРАВИЛА БЕЗПЕЧНОЇ РОБОТИ В ЛАБОРАТОРІЇ

Студентам, виконуючи лабораторні роботи, слід дотримуватись наступних правил безпечної роботи:

1. До роботи допускаються студенти, які мають спецодяг і ознайомлені з методикою виконання роботи. Виходити з лабораторії у спецодязі заборонено.
2. Користуватись лише своїм робочим місцем.
3. Суворо дотримуватись чистоти і порядку. На лабораторному столі не повинно бути сторонніх речей.
4. Заборонено паління, вживання їжі, зайві розмови та метушня.
5. Акуратно користуватись препаратами та розчинами, призначеними для досліджень. Не розкидати робочий інструмент, а складати його у визначеному місці та порядку.
6. У разі випадкового розливання досліджуваної проби, розбивання посуду або в інших непередбачуваних ситуаціях, студент зобов'язаний негайно повідомити про це викладача і разом з ним вжити необхідних заходів.
7. Закінчивши роботу:
- прибирати робоче місце;
- робочий інструмент здати черговому;
- руки помити з милом;
- здати оформлений звіт викладачеві.

Національний університет
водного господарства
та природокористування

ПРАВИЛА ВІДБОРУ ТА ТРАНСПОРТУВАННЯ ПРОБ ВОДИ

Проби води з різних глибин водного об'єкта відбирають спеціальним приладом – батометром (від гр. bathos – глибина та metreo – вимірюю), виготовленим з інертного матеріалу, або за допомогою прикріпленої до жердини пляшки, з якої на необхідній глибині мотузкою висмикують пробку. При відборі проби для бактеріологічного аналізу батометр і пляшку перед зануренням у воду фламбують (обпалюють). Проби повинні відбиратися так, щоб уникнути елемента випадковості (тимчасова замуленість чи запиленість, випадкове забруднення тощо).

На місці пробовідбору визначають температуру води, наявність чи відсутність плівок на її поверхні, наявність та характер водної рослинності, стан і забруднення берегів, замуленість дна і характер мулу, наявність і характер біологічних обростань та орієнтовно – прозорість води (прозора, мутнувата, мутна), забарвлення (безбарвна, злегка жовтувата, жовта, коричнева), запах, наявність осаду.

Національний університет водного господарства та природокористування

Під час відбору води заповнюють паспорт проби, в якому вказують: номер проби; дату й час відбору проби; найменування та місцезнаходження водного об'єкта; місце відбору проби; характеристику водного об'єкта у місці відбору проби; стан погоди при відборі проб, напрямок вітру; результати досліджень, виконаних біля водного об'єкта; дані про особи, що відібрали пробу (прізвище).

Відібрані проби швидко і обережно транспортують. При цьому використовують ящики з перегородками, що утворюють комірки для кожного бутля. Проміжки між бутлями заповнюють папером тощо.

Бажано, щоб проби доставлялися в лабораторію у день відбору. Проби досліджують не пізніше, ніж через 2 години після відбору або не пізніше, ніж через 6 годин за умови, що проби зберігалися за температури 1-5°С.

ВИЗНАЧЕННЯ pH ВОДИ

Мета роботи: освоєння методів визначення водневого показника pH

Матеріальне забезпечення:

- посуд мірний лабораторний скляний;
- лабораторний pH-метр;
- термометр ртутний із ціною поділки 0,1-0,5°С.

Національний університет водного господарства та природокористування

Методичні вказівки

Активна реакція води, тобто її ступінь кислотності або лужності, кількісно характеризується концентрацією іонів водню і виражається величиною водневого показника pH. Величина pH води – один з найважливіших показників її якості, від якого залежать хімічні та біологічні процеси у природних водах, розвиток та життєдіяльність водних рослин, агресивна дія води на метали та бетон тощо.

Водневий показник pH чисельно дорівнює від'ємному логарифму концентрації водневих іонів у водному розчині:

$$pH = -\lg [H^+].$$

Постійна величина pH забезпечується у природних водах буферною системою, зумовленою розчиненою у воді вугільною кислотою і гідрокарбонат-іонами HCO_3^-. Концентрація іонів водню прямо пропорційна кількості H_2CO_3, і обернено пропорційна вмісту HCO_3^-. Отже, водневий показник pH у природних водах визначають в основному кількісним співвідношенням концентрацій вугільної кислоти та її іонів

$$H_2CO_3 \leftrightarrow CO_2 + H_2O \leftrightarrow H^+ + HCO_3^- \leftrightarrow 2H^+ + CO_3^{2-}.$$

Національний університет водного господарства та природокористування

Визначення концентрацій водневих іонів здійснюють в межах від 1 до 10^{-14} мг·екв/дм^3, що відповідає pH від 0 до 14. При pH = 0...7 вода характеризується як кисле середовище, при pH = 7...14 – як лужне, при pH = 7 – як нейтральне.

Кислими є болотні води, які містять гумінові речовини, лужними – підземні води, багаті на карбонати. Значення pH річкової води зазвичай варіює в межах 6,5...8,5; атмосферних опадів – 4,6...6,1; води боліт – 5,5...6,0, морських вод – 7,9...8,3. Підземні води характеризуються більш широким діапазоном значень pH – від 6 до 9. Концентрація іонів водню зазнає сезонних коливань: взимку величина pH для більшості річкових вод становить 6,8...7,4; влітку – 7,4...8,2.

Природні води залежно від pH доцільно поділяти на сім груп (табл.1).

Таблиця 1

Групи природних вод в залежності від pH

Група	***pH***	***Примітка***
Сильнокислі води	< 3	результат гідролізу солей важких металів (шахтні та рудничні води)
Кислі води	3 – 5	надходження у воду вугільної кислоти, фульвокислот та інших органічних кислот в результаті розкладання органічних речовин
Слабокислі води	5 – 6,5	присутність гумусових кислот у ґрунті та болотних водах (води лісової зони)
Нейтральні води	6,5 – 7,5	наявність у водах $Ca(HCO_3)_2$ та $Mg(HCO_3)_2$
Слаболужні води	7,5 – 8,5	наявність у водах $Ca(HCO_3)_2$ та $Mg(HCO_3)_2$
Лужні води	8,5 – 9,5	присутність Na_2CO_3 або $NaHCO_3$
Сильнолужні води	> 9,5	присутність Na_2CO_3 або $NaHCO_3$

Є декілька етапів процесу закислення водойм. На першому етапі pH практично не змінюється: іони карбонату встигають повністю нейтралізувати іони H^+. Так триває доти, доки загальна лужність у водоймі не впаде приблизно у 10 разів до величини менше 0,1 моль/дм^3.

На другому етапі pH води зазвичай не підіймається вище 5,5 протягом всього року. Про такі водойми говорять як про помірно кислі. На цьому етапі закислення відбуваються значні зміни видового складу живих організмів.

На третьому етапі закислення водойми pH стабілізується на значеннях <5 (зазвичай 4,5), навіть якщо атмосферні опади мають більш високі значення pH. Це пов’язане з присутністю у водоймі та ґрунтовому шарі гумусових речовин і сполук алюмінію.

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Принцип визначення

Для визначення pH використовують колориметричний і електрометричний методи.

Колориметричне визначення проводять за кольором кислотно-лужного індикатора, який додають в пробу у вигляді розчину, або зафіксованого на індикаторному папері. Забарвлення, що виникло, порівнюють із забарвленням стандарту. Для аналізу сильно забрудненої води використовують індикаторні папірці.

Результати визначення pH колориметричним методом є наближеними, для більш точного визначення застосовують електрометричний метод.

Електрометричне визначення pH з скляним електродом ґрунтується на тому, що зміна величини pH на одиницю викликає зміну потенціалу електрода на 58,1 мВ при 20^0С.

Скляний електрод являє собою трубку з напаяною на конус кулькою із літієвого скла. Під час занурювання такого електроду у розчин між поверхнею кульки електроду і розчином відбувається обмін іонами, в результаті якого іони літію в поверхневих шарах скла замінюються іонами водню, завдяки чому виникає різниця потенціалів, величина якої залежить від активності (концентрації) іонів водню в розчині і його температури.

Потенціал скляного електроду залежить від сорту скла, температури, тому перед визначенням pH скляний електрод калібрують по буферним розчинам з відомим pH.

Оскільки pH часто змінюється в результаті реакцій, що відбуваються у воді, то рекомендується проводити визначення pH безпосередньо після відбору проби. При визначенні pH одночасно вимірюють температуру для внесення поправок при значному відхиленні її від 20°С.

Хід визначення

Перед початком вимірювання електрод промивають дистильованою водою, потім – досліджуваною водою і лише після цього занурюють у пробу, що аналізується. Пробу слід попередньо ретельно перемішати, щоб її склад безпосередньо біля поверхні електрода відповідав її загальному складу.

Одночасно з електродами в пробу занурюють термометр для визначення температури і для внесення необхідних поправок. Вимірювану величину потенціалу отримують у мілівольтах або безпосередньо в одиницях pH, що зумовлено типом приладу, що застосовується.

Отриманий результат заокруглюють до 0,05-0,1 одиниці pH залежно від точності приладу, на якому проводилось дослідження.

Національний університет водного господарства та природокористування

ВИЗНАЧЕННЯ ВМІСТУ РОЗЧИНЕНОГО КИСНЮ У ВОДІ

Мета роботи: ознайомлення із принципами, методами визначення концентрації розчиненого кисню і оволодіння методикою йодометричного визначення за Вінклером

Матеріальне забезпечення:

- кисневі склянки з притертою, скісно-зрізаною пробкою, ємністю 100-300см^3 калібровані з точністю до 0,1см^3. Перевірку ємності або калібрування проводять зважуванням. Місткість кисневої склянки визначають за різницею маси порожньої склянки із корком і маси склянки, наповненої дистильованою водою при 20°С і закритої корком. Перед зважуванням необхідно ретельно висушити склянку, особливо її горло;
- пристрій для аерації води повітрям через декілька трубок, які можуть бути оснащені скляними фільтрами;
- термостат, встановлений на 20±1°С;
- сушильна шафа;
- pH-метр будь-якого типу;
- сифон;
- піпетки з одною поділкою місткістю 1, 2, 5, 10 см^3;
- посуд мірний лабораторний скляний: циліндри місткістю 50 см^3, 100см^3; колби 100, 1000см^3;
- колби конічні скляні лабораторні місткістю 250см^3.

Реактиви:

- *розчин марганцю (II) сірчанокислого*. Розчиняють 400г $MnSO_4 \cdot 2H_2O$ (або 480г $MnSO_4 \cdot 4H_2O$ чи 364г $MnSO_4 \cdot H_2O$) в дистильованій воді, фільтрують через паперовий фільтр і доводять об'єм до 1дм^3 дистильованою водою;
- *хлорид марганцю*. 425г $MnCl_2 \cdot 4H_2O$ розчиняють у дистильованій воді і доводять об'єм до 1дм^3;
- *концентрована соляна кислота*;
- *розчин гідроксиду калію та йодиду калію*. Розчиняють 700г KOH і 150г KI в 700см^3 дистильованої води, доводять об'єм до 1дм^3 дистильованою водою. Якість реактиву перевіряють так: у колбу вносять 100см^3 дистильованої води, 10см^3 розведеної (1:4) сірчаної кислоти та 2см^3 приготованого розчину гідроксиду калію та йодиду калію. Після додавання 5см^3 розчину крохмалю не повинно з'являтись забарвлення;

Національний університет водного господарства та природокористування

- *розчин гідроксиду калію*. Розчиняють 700г КОН в 700см^3 дистильованої води, доводять до 1дм^3 дистильованою водою;
- *розчин гідроксиду натрію з концентрацією 1моль/дм^3*. Розчиняють 40г гідроксиду натрію в 1 дм^3 дистильованої води;
- *15% розчин йодиду калію*. Розчиняють 15г KI ч.д.а. у дистильованій воді, додають 1см^3 NaOH з концентрацією 1моль/дм^3 і доводять дистильованою водою до 100см^3. Якість реактиву перевіряють так: у колбу вносять 100см^3 дистильованої води, 5см^3 розведеної (1:4) сірчаної кислоти та 2 см^3 приготованого розчину KI. Після додавання 5см^3 розчину крохмалю не повинно з'являтись забарвлення;
- *розчин калію двохромовокислого 0,01н*. Розчиняють 2,4518г калію двохромовокислого $K_2Cr_2O_7$ у дистильованій воді, попередньо висушеного при 120°С, і доводять об'єм при температурі 20°С до 1дм^3;
- *крохмаль, 0,5% індикаторний розчин*. Змішують 5г крохмалю з 50см^3 дистильованої води і вливають у 950см^3 дистильованої води, що кипить. У розчин додають невелику кількість консервуючих речовин (наприклад, амілового спирту, хлороформу, саліцилової кислоти (1,25г на 1дм^3));
- *розчин тіосульфату натрію 0,01н*. Розчиняють 2,5г тіосульфату натрію $Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$ ч.д.а. у кип'яченій і охолодженій воді, додають 0,2г Na_2CO_3 ч.д.а. і доводять об'єм до 1дм^3. Для сталості під час зберігання додають 2см^3 хлороформу або 10см^3 ізобутилового спирту. Розчин використовують через 10 днів після приготування, зберігають у склянці з темного скла. Для точного встановлення концентрації у колбу Ерленмейера об'ємом 250см^3 вливають 100см^3 дистильованої води, додають 10см^3 15%-го розчину KI, 5см^3 розбавленої (1:4) сірчаної кислоти і 10см^3 0,01н. розчину двохромовокислого калію. Після перемішування розчин відстоюють 5хвилин у темноті і потім титрують розчином тіосульфату натрію до світло-жовтого забарвлення, додають 1-2см^3 розчину крохмалю (як індикатор) і продовжують титрувати до зникнення синього забарвлення. Розраховують коефіцієнт реальної полярності тіосульфату натрію по відношенню до 0,01н. за формулою

$$k=a/10,$$

де а – об'єм розчину тіосульфату натрію, витрачений на титрування,см^3.

Методичні вказівки

Вода, контактуючи з повітрям, містить кисень у рівноважній концентрації, яка залежить від атмосферного тиску, температури і вмісту розчинених у ній солей.

Розчинений кисень знаходиться в природних водах у вигляді молекул O_2. На його вміст у воді впливають дві групи протилежно спрямованих процесів: одна збільшує концентрацію кисню, інша – зменшує її.

Національний університет водного господарства та природокористування

До першої групи процесів, що збагачують воду киснем, слід віднести: абсорбцію кисню із атмосферного повітря (реаерацію); виділення кисню водною рослинністю в процесі фотосинтезу; його надходження у водойми із дощовими та сніговими водами, які, зазвичай, насичені киснем.

До групи процесів, що зменшують вміст кисню у воді, відносять його споживання на окиснення органічних речовин: біологічне (дихання організмів), біохімічне (дихання бактерій, витрати кисню при розкладанні органічних сполук) і хімічне (окиснення Fe^{2+}, Mn^{2+}, NO^{2-}, NH_4^+, CH_4, H_2S). Швидкість споживання кисню збільшується із підвищенням температури, кількості бактерій та інших водних організмів і речовин, що зазнають хімічного та біохімічного окиснення.

Визначення вмісту розчиненого кисню в поверхневих водах виконується для оцінки якості поверхневих вод і регулювання процесу очищення стоків. Мінімальний вміст розчиненого кисню у водоймі вказує на позитивний баланс між споживанням кисню і його запасами у воді і повинен забезпечувати, по-перше, нормальне протікання процесів самоочищення водойми від органічних забруднень, і, по-друге, існування у водоймі водних організмів. Після змішування стічної води з водою водойми кількість розчиненого кисню не повинна бути менша за 4мг/дм^3.

У поверхневих водах вміст розчиненого кисню варіює в широких межах – від 0 до 14мг/дм^3 – і зазнає сезонних та добових коливань. Добові коливання залежать від інтенсивності процесів його продукування та споживання і можуть досягати 2,5мг/дм^3.

Різке зменшення вмісту кисню порівняно з рівноважною концентрацією (що за нормального тиску контактує з повітрям, яке містить 20,9% кисню, не містить CO_2, насичене водяною парою) свідчить про забруднення води. Різниця між кількістю кисню за повного насичення і фактичним насиченням називається дефіцитом кисню, і вимірюється в мг/дм^3. Дефіцит кисню найчастіше спостерігається у водних об’єктах з високими концентраціями забруднюючих речовин та в евтрофікованих водоймах, які містять значну кількість біогенних та гумусових речовин.

Відносний вміст кисню у воді, виражений у відсотках його нормального вмісту (розчинності), називають ступенем насичення киснем. Ця величина залежить від температури води, її солоності та атмосферного тиску.

Принцип визначення

Для визначення розчиненого кисню використовується йодометричний метод за Вінклером. Визначення вмісту у воді кисню ґрунтується на реакції розчиненого кисню з гідроксидом марганцю (II) та йодометричному визначенні утворених вищих за ступенем окиснення сполук. До досліджуваної води додають хлорид марганцю і луг, щоб отримати осад гідроксиду марганцю (II):

Національний університет
водного господарства
та природокористування

$$MnCl_2+2KOH=Mn(OH)_2+2KCl,$$

який окислюється розчиненим у воді киснем до гідроксиду марганцю (III)

$$4Mn(OH)_2+O_2+H_2O=4Mn(OH)_3.$$

Кількість гідроксиду, що утворилася, залежить від концентрації розчиненого у воді кисню.

Потім гідроксид марганцю (III) переводять у еквівалентну кількість йоду, який легко і з достатньою точністю визначають титруванням. Для цього осад $Mn(OH)_3$ розчиняють у соляній кислоті з утворенням хлориду марганцю (III), який легко розкладається на хлорид марганцю (II) і хлор:

$$Mn(OH)_3 +3HCl=MnCl_3 + 3H_2O;$$

$$2MnCl_3=2MnCl_2+Cl_2.$$

Кількість хлору, що утворилася, еквівалентна кількості гідроксиду марганцю (III) і, відповідно, кількості розчиненого у воді кисню. Кількість хлору визначають йодометрією: до досліджуваного розчину додають йодид калію; хлор витісняє із йодиду калію йод, який відтитровують розчином тіосульфату натрію у присутності крохмалю:

$$Cl_2+2KI=2KCl+I_2;$$

$$I_2+ 2Na_2S_2O_3 =2NaI+Na_2S_4O_6.$$

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Хід визначення

У кисневу склянку, заповнену доверху досліджуваною водою, вводять піпеткою 2см^3 розчину марганцю сірчанокислого: занурюють наповнену розчином піпетку до дна кисневої склянки, відтуляють верхній кінець і піпетку повільно виймають. Другою піпеткою додають 2см^3 лужного розчину йодиду калію, виливаючи його під рівень води. Потім склянку обережно закривають пробкою так, щоб в склянці не лишилось повітря. Горловину склянки споліскують водою.

Закриту пробкою склянку 40 разів перевертають догори дном для ретельного перемішування. Тоді відстоюють 10-15хвилин до утворення пластівцевого осаду на дні склянки, відкривають склянку і додають 1см^3 концентрованої соляної кислоти. Кисневу склянку знов закривають і перемішують її вміст, перевертаючи її кілька разів догори дном. Якщо був використаний розчин гідроксиду калію без йодиду калію, додають 2см^3 розчину калію йодистого; ополіскують кисневу склянку дистильованою водою.

Після розчинення осаду, воду із склянки переливають у циліндр місткістю 100см^3, а потім у колбу для титрування. Через 5хвилин йод титрують розчином тіосульфату натрію до світло-жовтого забарвлення.

Національний університет водного господарства та природокористування

Додають 1см^3 розчину крохмалю і продовжують титрування до знебарвлення.

Обчислення результатів вимірювань

Вміст розчиненого кисню $C(O_2)$, мг/дм^3, обчислюють за формулою

$$C(O_2) = \frac{a \cdot k \cdot N \cdot 8 \cdot 1000}{V};$$

де **a** – об'єм розчину тіосульфату натрію, витраченого на титрування, см^3; **k** – поправковий коефіцієнт до нормальності титрованого розчину тіосульфату натрію для досягнення 0,01н.; **N** – нормальність розчину тіосульфату; **V** – об'єм проби води, см^3; **8** – еквівалент кисню.

Насичення розчиненим киснем у, %, обчислюють за формулою

$$y = \frac{C(O_2) \cdot 100}{C_p(O_2)};$$

де $\mathbf{C(O_2)}$ – фактична концентрація кисню у воді, мг/дм^3; $\mathbf{C_p(O_2)}$ – рівноважна концентрація кисню для температури води, виміряної під час відбору проби, з поправкою на атмосферний тиск, що відрізняється від 760ммрт.ст. Рівноважна концентрація обчислюється за формулою

$$C_p(O_2) = \frac{C_m(O_2) \cdot P}{760};$$

де $\mathbf{C_m(O_2)}$ – концентрація кисню, знайдена за табл.2, для даної температури вихідної проби, мг/дм^3; **P** – атмосферний тиск під час відбору води, мм рт.ст.

Таблиця 2

Рівноважні концентрації кисню, розчиненого у воді, за насичення для різних температур і тискові 760мм.рт.ст.

Температура, ^0C	*Концентрація O_2, мг/дм^3*	*Температура, ^0C*	*Концентрація O_2, мг/дм^3*	*Температура, ^0C*	*Концентрація O_2, мг/дм^3*
1	14,25	11	11,00	21	8,84
2	13,86	12	10,75	22	8,67
3	13,49	13	10,50	23	8,50
4	13,13	14	10,26	24	8,33
5	12,79	15	10,03	25	8,18
6	12,46	16	9,82	26	8,02
7	12,14	17	9,61	27	7,87
8	11,84	18	9,40	28	7,72
9	11,55	19	9,21	29	7,58
10	11,27	20	9,02	30	7,44

Національний університет водного господарства та природокористування

ВИЗНАЧЕННЯ БІОХІМІЧНОГО СПОЖИВАННЯ КИСНЮ (БСК)

Мета роботи: оволодіти методикою визначення біохімічного споживання кисню (БСК), принципами оцінки якості води та ступені її забрудненості.

Матеріальне забезпечення і реактиви:
(ті самі, що й для визначення вмісту розчиненого кисню у воді).

Реактиви для підготування води для розбавлення:

- *вода для розбавлення*. Додають до 1дм^3 дистильованої води, насиченої при 20°С киснем повітря, 1см^3 фосфатного буферного розчину, 1см^3 розчину сульфату магнію, 1см^3 розчину хлориду кальцію і 1см^3 розчину хлориду заліза (III). Воду для розбавлення готують у день її використання. Чистоту води для розбавлення перевіряють таким чином. Чотири кисневі склянки наповнюють водою для розбавлення: в двох із них визначають кисень в день використання проби (“нульовий” день), а в двох інших, які поміщають у термостат разом з досліджуваними пробами, визначають вміст кисню після n днів інкубації. Різниця між середньою концентрацією кисню в “нульовій” пробі і в пробі, взятій після n днів, не повинна перевищувати 0,5мг/дм^3. При визначенні БСК$_n$ проб, розбавлених водою, величину цього холостого досліду не віднімають;
- *дистильована вода*. Воду, яка використовується для приготування всіх наведених далі розчинів та води для розбавлення, одержують перегонкою у скляному перегінному апараті. Дистильована вода не повинна містити речовини, які впливають на визначення БСК (особливо мідь), в кількості, більшій 0,01мг/дм^3, цинк – в кількості, що перевищує 1мг/дм^3, хлор, хлорамін і органічні речовини. Дистильовану воду, призначену для приготування води для розбавлення, насичують киснем повітря (аерують тривалий час) і зберігають, ретельно захищаючи від будь-якого забруднення. Посуд для цієї води не можна використовувати для інших цілей (навіть для приготування води для розбавлення). Враховуючи робочі умови, доцільно, щоб дистильована вода мала температуру 20°С;
- *фосфатний буферний розчин*, pH 7,2. Розчин для приготування води для розбавлення: 8,5г KH_2PO_4, 21,75г K_2HPO_4, 33,4г $Na_2HPO_4 \cdot 7H_2O$ і 1,7г NH_4Cl розчиняють у дистильованій воді і доводять до 1дм^3, (реактиви ч.д.а.);
- *сульфат магнію*. Розчиняють 22,5г $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ ч.д.а. в дистильованій воді і доводять об’єм до 1дм^3;

Національний університет водного господарства та природокористування

- *хлорид кальцію*. Розчиняють 27,5г $CaCl_2$ безводного ч.д.а. в дистильованій воді і доводять до 1дм^3;
- *хлорид заліза (III)*. Розчин для приготування води для розбавлення. Розчиняють 0,25г $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ ч.д.а. в дистильованій воді і доводять до 1дм^3;
- *вода для розбавлення з добавками* [1, ст.414].

Методичні вказівки

Кількість кисню, виражену у міліграмах, витрачена за певний проміжок часу на аеробне біохімічне розкладення органічних речовин, що містяться в 1дм^3 досліджуваної води, називається біохімічним споживанням кисню (БСК). БСК є основним показником ступеня забрудненості води органічними речовинами.

Органічні речовини у водоймі піддаються біологічному розпаду (мінералізації), що супроводжується споживанням розчиненого кисню і може призвести до повного його зникнення і виникнення анаеробних умов. Цей процес, який призводить до мінералізації органіки, зумовлений діяльністю бактерій, що містяться і в стічній воді, і в воді водойми.

Разом з органічними речовинами побутових стічних вод у водойму надходить велика кількість сапрофітних і патогенних бактерій, тому концентрація органічних речовин посередньо вказує на бактеріальне забруднення водойм і цим характеризується санітарне значення показника БСК.

БСК стічної води – це функція, що залежить від часу. Цей показник визначають після n днів інкубації ($БСК_n$) до появи нітритів у кількості 0,1мг/дм^3. Тобто індекс внизу вказує на тривалість інкубації. Наприклад, $БСК_5$ – кількість кисню, спожита за 5 діб інкубації; $БСК_{20}$ – те ж, за 20 діб.

Повним біохімічним споживанням кисню ($БСК_{ПОВН}$) вважають його кількість, потрібну для окиснення органічних домішок до початку процесу нітрифікації. Для побутових стічних вод визначають $БСК_{20}$, вважаючи цю величину близькою до $БСК_{ПОВН}$. Слід зазначити, що для деяких органічних речовин біохімічне окиснення може тривати значно довше за 20 діб.

В лабораторних умовах поряд з $БСК_{ПОВН}$ визначають $БСК_5$ – біохімічну потребу у кисні за 5 діб. У поверхневих водах величини $БСК_5$ змінюються зазвичай у межах від 0,5 до 4 мг/л і зазнають сезонних та добових коливань.

Сезонні коливання залежать в основному від зміни температури та вихідної концентрації розчиненого кисню. Від температури залежить швидкість процесу споживання кисню, яка збільшується у 2-3 рази при підвищенні температури на 10°С.

Добові коливання величини $БСК_5$ також залежать від вихідної концентрації розчиненого кисню, яка може змінюватися протягом доби на

Національний університет водного господарства та природокористування

2,5мг/дм^3 залежно від співвідношення процесів його споживання та продукування.

Для водних об'єктів, забруднених переважно господарсько-побутовими стічними водами, БСК$_5$ зазвичай становить близько 70% БСК$_{ПОВН}$. Визначення БСК$_5$ у поверхневих водах здійснюють з метою оцінки вмісту біохімічно окиснюваних органічних речовин, умов існування гідробіонтів та як інтегральний показник забрудненості вод. Величину БСК$_5$ також використовують при контролі ефективності роботи очисних споруд.

Принцип визначення

Визначення БСК$_n$ проводиться не пізніше, ніж через 24 години після відбору проби. При неможливості швидкого визначення, зберігають при температурі 3-4°С в холодильнику. Проби на визначення БСК$_n$ не консервують.

Визначення показника БСК проводиться за різницею між вмістом кисню до і після інкубації. Концентрація кисню визначається методом об'ємного йодометричного титрування.

Визначення БСК при аналізі поверхневих і стічних вод проводять стандартним методом розбавлення. Діапазон вимірювання БСК$_n$ без розбавлення становить 3–6мг/дм^3. При аналізі проб без розбавлення, залишкова концентрація кисню після п'яти днів інкубації має бути не менше 3мг/дм^3. Для більших значень воду розбавляють.

У дуже забруднених стічних водах на кінець інкубації кисень може зникнути повністю. У таких випадках стічну воду треба розбавити «розбавляючою» водою, взятою у такій кількості, щоб розчиненого кисню в ній з надлишком вистачало для повного окиснення органічних речовин, що містяться у воді. Для розбавлення проб беруть спеціально приготовану воду, яка містить неорганічні поживні речовини в кількості, необхідній для нормального протікання аеробних біохімічних процесів і, в разі потреби, готують воду для розбавлення з добавкою [1, ст.414]. Розбавлення проби виконують на підставі очікуваної величини БСК$_5$ відповідно до табл.3.

Пробу перед початком визначення насичують киснем повітря до 8-9мгО$_2$/дм^3 і інкубують впродовж певного періоду (n днів) при температурі 20±1°С без доступу повітря та світла у повністю заповненій та закоркованій склянці. Під час інкубаційного періоду концентрація кисню може знизитись на 2мг/дм^3 або більше, але при цьому залишкова концентрація О$_2$ після всього інкубаційного періоду має бути не менше 3мг/дм^3.

На результат дослідження може впливати наявність різних сполук. Токсичні для мікроорганізмів речовини, наприклад бактерициди, токсичні метали або вільний хлор будуть заважати біохімічному окисленню.

Національний університет водного господарства та природокористування

Водорості або нітрифікуючі мікроорганізми можуть призвести до штучного завищення результатів.

Таблиця 3

Рекомендоване розбавлення проб досліджуваної води при визначенні БСК$_5$

Розбавлення R	*Об'єм проби в 1дм^3 суміші, см^3*	*Діапазон БСК$_5$, що визначається, мг/дм^3*
1	Нерозбавлена проба	0-6
0,5	500	4-12
0,2	200	10-30
0,1	100	20-60
0,05	50	40-120
0,02	20	100-300
0,01	10	200-600
0,005	5	400-1200
0,002	2	1000-3000
0,001	1	2000-6000

Національний університет водного господарства та природокористування

Хід визначення

Підготовлену (розбавлену чи без розбавлення) пробу, наливають у посудину. Встановлюють температуру води 20°С її нагріванням або охолодженням і потім аерують. Наповнюють сифоном 3 кисневі склянки. Кожну кисневу склянку обполіскують приблизно 30см^3 підготовленої проби, після цього наповнюють до самого краю так, щоб не з'явилися пухирці. Наповнену кисневу склянку закривають корком так, щоб в середині не залишилося пухирців повітря.

В одній із трьох кисневих склянок відразу визначають кисень $\mathbf{C_o(O_2)}$. Інші дві кисневі склянки поміщають у термостат і зберігають при 20°С в темноті протягом n днів, після чого визначають в них вміст розчиненого кисню, що залишився $\mathbf{C_n(O_2)}$.

Обчислення результатів вимірювань

Визначення показника БСК$_n$ в мгО$_2$/дм^3 нерозбавлених проб проводиться за різницею між вмістом кисню до ($\mathbf{C_o(O_2)}$) і після n діб ($\mathbf{C_n(O_2)}$) інкубації:

$$БСК_n = C_o(O_2) - C_n(O_2).$$

Для розбавлених проб БСК$_n$ обчислюється з врахуванням розбавлення **R**, тобто об'єму проби в 1дм^3 суміші проби і води для розбавлення за формулою:

Національний університет
водного господарства
та природокористування

$$БСК_n = \frac{C_o(O_2) - C_n(O_2)}{R}.$$

ВИЗНАЧЕННЯ ВМІСТУ АМОНІЙ- ТА НІТРИТ-ІОНІВ У ВОДІ

Мета роботи: оволодіти методикою визначення амоній- та нітрит-іонів у воді, принципами оцінки якості води за співвідношенням концентрацій азотомістких сполук.

Матеріальне забезпечення:

- фотоелектроколориметр;
- кювети з товщиною шару 1 і 5см;
- терези лабораторні загального призначення з похибкою зважування 0,0002;
- сушильна шафа;
- pH-метр;
- апарат для звичайної перегонки або з водяною парою (апарат Парнаса-Вагнера);
- центрифуга лабораторна;
- термостат, встановлений на 20±1°С;
- колби мірні місткістю 80;100; 500; 1000см^3;
- піпетки з поділками на 1; 2; 5; 10см^3 та піпетки з однією міткою на 5; 10; 25; 50см^3;
- циліндри мірні на 10см^3;
- колби плоскодонні місткістю 500см^3;
- лійки скляні для фільтрування.

Методичні вказівки

Азот – це один з найважливіших біогенних (необхідних для життя) елементів. Сполуки азоту знаходяться у поверхневих водах в розчиненому, колоїдному та завислому стані і під впливом багатьох фізико-хімічних і біохімічних процесів можуть переходити з одного стану в інший.

Під загальним азотом розуміють суму мінерального та органічного азоту у природних водах. Сума мінерального азоту – це сума амонійного, нітратного і нітритного азоту.

Вміст іонів амонію у природних водах варіює в інтервалі від 0,01 до 0,2мг/дм^3 (у перерахунку на азот). Іони амонію з’являються у природних водах головним чином в результаті розкладання білкових сполук, які потрапляють з побутовими стічними водами, а також відходами

виробництва. Тому наявність його у воді завжди викликає підозру про її забруднення побутовими стічними водами.

Основними джерелами надходження іонів амонію у водні об'єкти є тваринницькі ферми, господарсько-побутові стічні води, поверхневий стік із сільгоспугідь у разі застосування амонійних добрив, а також стічні води підприємств харчової, коксохімічної, лісохімічної і хімічної промисловості. У стоках промпідприємств міститься до 1мг/дм^3 амонію, в побутових стоках – 2...7мг/дм^3. З господарсько-побутовими стічними водами в каналізаційні системи щодобово надходить до 10г амонійного азоту на 1 мешканця.

Присутність амонію в концентраціях порядку 1мг/дм^3 знижує здатність гемоглобіну риб зв'язувати кисень. Ознаками інтоксикації є збудження, судороги, метушіння і вистрибування риби на поверхню. Токсичність амонію зростає із збільшенням pH середовища.

Підвищена концентрація іонів амонію може бути використана як індикаторний показник погіршення санітарного стану водного об'єкта та забруднення поверхневих і підземних вод, у першу чергу, побутовими та сільськогосподарськими стоками.

Нітрити (NO_2^-) являють собою проміжний ступінь у ланцюгу бактеріальних процесів окиснення амонію (NH_4^+) до нітратів (NO_3^-). Цей процес називається нітрифікацією, яка відбувається тільки в аеробних умовах:

$$2NH_4^+ + 3O_2 = 4H^+ + 2NO_2^- + 2H_2O;$$

$$2NO_2^- + O_2 = 2NO_3^-.$$

Відповідно відновлення нітратів до азоту та аміаку називають денітрифікацією, що протікає за умови нестачі кисню. Подібні окисно-відновні реакції характерні для станцій аерації, систем водопостачання і самих природних вод.

Підвищений вміст нітритів свідчить про посилення процесів розкладання органічних речовин в умовах більш повільного окиснення NO_2^- в NO_3^-, що вказує на забруднення водного об'єкта, тобто є важливим санітарним показником.

Концентрації нітритів у поверхневих водах становлять 10^{-2}, інколи навіть 10^{-3}мг/дм^3, у підземних водах концентрація нітритів зазвичай вища, особливо у верхніх водоносних горизонтах (10^{-2}...10^{-1}мг/дм^3).

Сезонні коливання вмісту нітритів характеризуються відсутністю їх взимку і появою навесні при розкладанні мертвої органічної речовини. Найбільшу концентрацію нітритів спостерігають наприкінці літа, їхню присутність пов'язують з активністю фітопланктону (встановлена

здатність діатомових і зелених водоростей відновлювати нітрати до нітритів). Восени вміст нітритів зменшується.

У поверхневих водах нітрати знаходяться в розчиненій формі. Концентрація нітратів у поверхневих водах зазнає помітних сезонних коливань: мінімальна у вегетаційний період, вона збільшується восени і досягає максимуму взимку, коли при мінімальному споживанні азоту відбувається розкладання органічних речовин і перехід азоту з органічних форм у мінеральні.

Присутність нітратних іонів у природних водах пов'язана з: процесами нітрифікації амонійних іонів у присутності кисню під дією нітрифікуючих бактерій у водоймі; атмосферними опадами, які поглинають оксиди азоту, що утворюються при атмосферних електричних розрядах (концентрація нітратів в атмосферних опадах досягає 0,9...1мг/дм^3); промисловими і господарсько-побутовими стічними водами; стоком із сільськогосподарських угідь та скидними водами із зрошуваних полів, на яких застосовують мінеральні добрива.

Головними процесами, спрямованими на зменшення концентрації нітратів, є споживання їх фітопланктоном і денітрифікуючими бактеріями, які при нестачі розчиненого кисню використовують кисень нітратів на окиснення органічних речовин.

В незабруднених поверхневих водах концентрація нітрат-іонів не перевищує величини порядку 10^{-2}мг/дм^3 (у перерахунку на азот). У незабруднених підземних водах вміст нітратних іонів зазвичай виражають величинами порядку $10^{-2}...10^{-1}$, рідше – 10^0мг/дм^3. Проте в ґрунтових водах, в межах населених пунктів, тваринницьких ферм та в інших місцях, де ґрунти зазнають тривалого й інтенсивного забруднення органічними відходами, або ж рясно удобрюються азотмісткими сполуками, вміст нітратів може збільшуватися до $10^1...10^2$мг/дм^3.

Якщо поява у воді азотмістких сполук спричинена розпадом білкових речовин, то така вода є небезпечною у санітарному відношенні, і непридатна до споживання. (Іноді у воді є іони амонію неорганічного походження, які з'являються в результаті відновлення нітритів і нітратів. У такому разі вода безпечна в санітарному відношенні).

За наявністю у воді тієї чи іншої сполуки, яка містить азот, можна аналізувати момент забруднення води: наявність у воді аміаку і відсутність нітритів свідчать про недавнє забруднення, наявність у воді аміаку і нітритів – про те, що з моменту забруднення пройшов деякий проміжок часу, відсутність аміаку за наявності нітритів і, особливо, нітратів – що забруднення води відбулося давно, і за цей час вода самоочистилася.

Визначення азотмістких речовин ґрунтується на колориметричному методі аналізу. Колориметрія – це визначення концентрації розчиненої речовини порівнянням інтенсивності забарвлення розчину, який

Національний університет водного господарства та природокористування

досліджують, із забарвленням стандартного розчину, концентрація якого відома.

Принцип визначення іонів амонію

Метод ґрунтується на взаємодії іонів амонію з тетрайодо-меркуроатом калію у лужному середовищі (реактив Несслера K_2HgI_4+KOH) з утворенням коричневої, нерозчинної у воді йодистої солі: основи Міллона $(Hg_2N)IH_20$, яка переходить у колоїдний стан при малому вмісті іонів амонію, та вимірюванні світлопоглинання при λ=425нм (або з фіолетовим світлофільтром).

Методика дозволяє визначити концентрації амоній-іонів в діапазоні 0,15-5,0мг/дм^3. Аналіз виконують в день відбору проб, або пробу консервують додаванням 1см^3 концентрованої сірчаної кислоти або 2-4см^3 хлороформу на 1дм^3. Консервовану пробу можна зберігати дві доби.

Реактиви:

- *бідистилят безаміачний*. Дистильовану воду пропускають через катіоніт марок СБС, або КУ-2. Потім повторно переганяють після попереднього підкислення сірчаною кислотою до додавання марганцевокислого калію до інтенсивного малинового забарвлення;
- *реактив Несслера*. Розчиняють 100г HgI_2 ч.д.а. в невеликій кількості бідистиляту і змішують з розчином їдкого натру, приготовленим розчиненням 160г NaOH ч.д.а. в 500см^3 дистильованої води. Суміш доводять бідистилятом до 1дм^3. Використовують прозорий розчин після відстоювання протягом не менш 4 годин;
- *сегнетова сіль*. Розчиняють 50г $KNaC_4H_4O_6 \cdot 4H_2O$ ч.д.а. в бідистиляті, розбавляють до 100см^3 бідистилятом і додають 0,2-0,5см^3 реактиву Несслера. Розчин можна використовувати після прояснення;
- *трилон Б*. Розчиняють 10г NaOH ч.д.а. в 60см^3 бідистиляту і в одержаному розчині розчиняють 50г комплексону III. Суміш доводять бідистилятом до 100см^3;
- *їдкий натр,* ч.д.а., 15 %-ий розчин в бідистиляті;
- *стандартний розчин амонію хлористого*. Розчиняють в безаміачній воді 3,819г амонію хлористого, висушеного при 105°С, і доводять об'єм розчину до 1дм^3. В 1см^3 розчину міститься 1мг амоній-іонів;
- *робочий розчин амонію хлористого*. До 10см^3 основного розчину додають 990см^3 бідистилят безамічний. В 1см^3 робочого розчину міститься 0,01мг амоній-іонів.

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Хід визначення

Побудова градуйованого графіка. У мірні колби місткістю 100см^3 вносять 0,0; 1,0; 2,0; 3,0; 4,0; 5,0; 6,0; 7,0; ... 10см^3 робочого стандартного розчину амонію хлористого. Отримані розчини містять відповідно 0,0; 0,01; 0,02; 0,03; 0,04; 0,05; 0,06; 0,07; …0,1мг іонів амонію. Потім додають 0,5-1,0см^3 розчину сегнетової солі або трилону Б, і 1см^3 реактиву Несслера та безаміачною водою доводять до мітки.

Суміш перемішують і через 10хвилин вимірюють світлопоглинання проб (інструкція користування ФЕК наведена у додатку 1). Для розчинів з вмістом 0,005-0,05мг іонів використовують кювети з товщиною шару 50мм, для розчинів 0,03-0,2мг – кювети з товщиною шару 10мм. Градуйований графік будують в координатах: світлопоглинання (вісь ординат) – вміст іонів амонію, мг (вісь абсцис). Враховують поправки на холосту пробу.

Визначення концентрації амоній-іонів. В мірну колбу об'ємом 100см^3 наливають на половину об'єму вихідну воду. Додають 0,5-1,0см^3 розчину сегнетової солі або трилону Б, і 1см^3 реактиву Несслера та вихідною водою доводять до мітки. Суміш перемішують і через 10хвилин вимірюють світлопоглинання і за калібрувальною кривою знаходять вміст іонів амонію $\mathbf{C_{гр}}$, мг. Якщо $C_{гр}$ перевищує концентрації стандартних розчинів, тоді проводять розбавлення вихідної води із бідистилятом безаміачним.

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Обчислення результатів вимірювань

Вміст іонів NH_4^+ в мг/дм^3 обчислюють за формулою

$$C(NH_4^+) = \frac{C_{гр} \cdot 1000}{V},$$

де $\mathbf{C_{гр}}$ – знайдена концентрація NH_4^+ за графіком, мг; **V** – об'єм вихідної води, см^3.

Принцип визначення іонів нітритів

Метод ґрунтується на діазотуванні сульфанілової кислоти нітритами, присутніми у пробі, і реакції одержаної солі з α-нафтиламіном з утворенням малинового кольору розчину, та вимірюванні світлопоглинання при λ=520нм (або із зеленим світлофільтром). Інтенсивність забарвлення пропорційна концентрації нітритів. Перебіг реакції в значній мірі залежить від pH середовища.

Внаслідок нестійкості нітритів їх потрібно визначати відразу ж після відбору проби. Якщо це неможливо, пробу консервують додаванням 1см^3 концентрованої сірчаної кислоти або 2-4см^3 хлороформу на 1дм^3. Можна також охолоджувати пробу до 3-4°C.

Національний університет водного господарства та природокористування

Реактиви:

- *реактив Грісса*, 3%-ий розчин. Розчиняють 3г ч.д.а. реактиву Грісса у дистильованій воді, додають 15см^3 оцтової «льодяної» кислоти і доводять до 100см^{3}дистильованою водою;
- *сульфанілова кислота*, 0,6%-ий розчин. Розчиняють 6,0г сульфанілової кислоти ($NH_2C_6H_4 \cdot SO_3H$) ч.д.а. в 750см^3 гарячої дистильованої води. До одержаного розчину додають 250см^3 «льодяної» оцтової кислоти;
- *α-нафтиламін*, 0,6%-ий розчин. Розчиняють 1,2г нафтиламіну ($NH_2C_{10}H_7$) ч.д.а. в дистильованій воді, додають 50см^3 льодяної оцтової кислоти і доводять дистильованою водою до 200см^3. Якщо розчин мутний, його фільтрують через бавовняну тканину, промиту дистильованою водою. Розчин зберігається 2-3 місяці;
- *стандартний розчин нітриту натрію*. Розчиняють 0,1497г х.ч. $NaNO_2$, висушеного при 105°С, в 1дм^3 дистильованої води. Розчин консервують додаючи 1 см^3 хлороформу і зберігають у холодному місці. Він стійкий протягом місяця. В 1см^3 цього розчину міститься 0,1мг іонів нітритів;
- *робочий розчин нітриту натрію*. Розбавляють 2см^3 стандартного розчину дистильованою водою до 100см^3. Розчин повинен бути свіжоприготовлений. В 1см^3 цього розчину міститься 0,002мг іонів нітритів.

Національний університет водного господарства та природокористування

Хід визначення

Побудова градуйованого графіку. У мірні колби місткістю 100см^3 додають 0,0; 1,0; 2,0; 3,0; 4,0; 5,0; … 10см^3 робочого стандартного розчину нітриту натрію. Отримані розчини містять 0,0; 0,002; 0,004; 0,006; 0,008; 0,01; …0,02мг іонів нітритів відповідно. Потім додають 2см^3 реактиву Грісса (або 1см^3 розчину сульфанілової кислоти і 1см^3 розчину α-нафтиламіну) і дистильованою водою доводять до мітки.

Суміш ретельно перемішують і колби ставлять в термостат при температурі 20°С і через 20хвилин вимірюють світлопоглинання проб (інструкція користування ФЕК наведена у додатку 1). Для розчинів з вмістом 0,005-0,05мг іонів використовують кювети з товщиною шару 50мм, для розчинів 0,03-0,2мг – кювети з товщиною шару 10мм. Градуйований графік будують у координатах: світлопоглинання (вісь ординат) – вміст іонів нітритів (вісь абсцис), мг. Враховують поправки на холосту пробу.

Визначення концентрації нітритів-іонів. В мірну колбу об'ємом 100см^3 наливають на половину об'єму вихідну воду. Додають 2см^3 реактиву Грісса (або 1см^3 розчину сульфанілової кислоти і 1см^3 розчину α-нафтиламіну) та вихідною водою доводять до мітки. Суміш ретельно перемішують і колбу ставлять в термостат при температурі 20°С і через

Національний університет
водного господарства
та природокористування

20хв. вимірюють світлопоглинання і за калібрувальною кривою знаходять вміст іонів нітритів $C_{гр}$, мг. Якщо $C_{гр}$ перевищує концентрації стандартних розчинів, тоді проводять розбавлення вихідної води із дистильованою водою.

Обчислення результатів вимірювань

Вміст іонів NO_2^-, в мг/дм^3, обчислюють за формулою

$$C(NO_2^-) = \frac{C_{гр} \cdot 1000}{V},$$

де $\mathbf{C_{гр}}$ – знайдена концентрація NO_2^- за графіком, мг; **V** – об'єм вихідної води, см^3.

БІОЛОГІЧНИЙ КОНТРОЛЬ ЗА САНІТАРНИМ СТАНОМ ВОДОЙМИ

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Мета роботи: ознайомитись з методом біологічного контролю санітарного стану водойми.

Матеріальне забезпечення: чашки, циліндри, скляні палички, предметні скельця, мікроскопи.

Методичні вказівки.

Санітарний стан водойми оцінюють фізико-хімічним, бактеріологічним і гідробіологічним методами. Найбільш точну оцінку можна отримати, застосовуючи усі ці методи і порівнюючи їх результати.

Перевага біологічного методу, порівняно з іншими, – у можливості оцінити не лише стан водойми на момент відбору проби, а й попередні умови, у яких розвинулись виявлені біоценози і прогнозувати стан водойми на майбутнє. Слід відзначити, що водойма реагує на забруднення цілим комплексом взаємозв'язків, тому під час біологічного дослідження її вивчають в цілому.

Усі організми-індикатори забруднення води поділяють на катаробів та сапробів. Катароби – це мікроорганізми, що живуть у чистій джерельній воді, сапроби – організми, які живуть у прісній воді з різним ступенем забрудненості. На здатності певних видів гідробіонтів існувати у середовищі з тим чи іншим ступенем забруднення і ґрунтується гідробіологічний аналіз.

Національний університет водного господарства та природокористування

Комплекс фізіологічних властивостей організму. який зумовлює його розвиток у воді з певним вмістом органічних речовин, з певним ступенем забрудненості, називається *сапробністю* даного організму. Оскільки гідробіонти – досить чутливі індикатори зміни екологічних умов, то ступінь забрудненості водойми можна оцінювати за присутністю у ній організмів відомої сапробності.

Залежно від того, як сильно забруднена вода, водойми або їхні окремі ділянки поділяють на такі зони: полісапробну, мезасапробну (α і β) і олігосапробну.

Схематичне уявлення про хімічні та біохімічні процеси, характерні для різних зон сапробності наведено на рис.1.

Полісапробна зона (р) – це зона дуже забрудненої води, у якій міститься багато органічних речовин та продуктів їх анаеробного розпаду: сірководню, метану, вуглекислоти. Розчиненого кисню у такій воді немає. Організми полісапробної зони представлені малою кількістю видів, кожен з яких розвивається дуже інтенсивно. Для цієї зони характерна велика кількість сапрофітної мікрофлори – мільйони клітин в 1см^3 води. Переважно розвиваються організми з гетеротрофним типом живлення: бактерії, у тому числі ниткові (*Sphaerotilus*), сіркобактерії (*Beggiatoa*, *Thiothris*), бактеріальні зооглеї (*Zooglea ramigera*), а з найпростіших – інфузорії і безбарвні джгутикові (*Bodo*, *Hexotricha caudate*, *Votticella microstoma*) (табл. 4). На дні водойми багато загниваючих рослин і тварин, а також бактеріальної мікрофлори, мул чорного кольору із запахом сірководню. У цій зоні протікають відновні процеси гниття та розкладу.

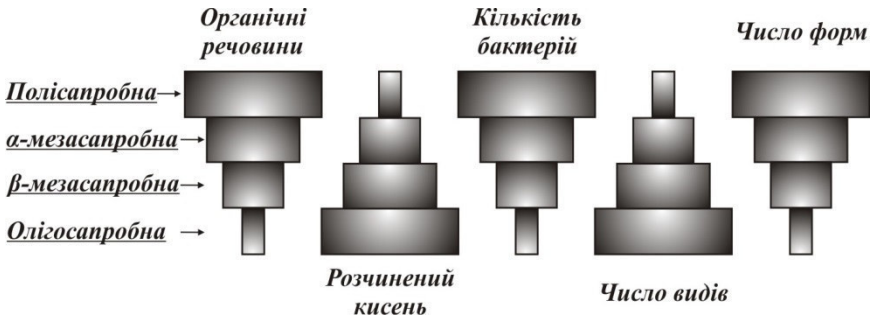


Рис. 1. Графічна характеристика зон сапробності

Більш чиста, але все ж ще достатньо забруднена вода характерна для *α-мезасапробної зони* (*α-m*), у такій воді у достатній кількості міститься вуглекислота, сірководенъ, є аміак і його похідні. Організми цієї зони представлені малою кількістю видів з інтенсивним розвитком окремих

Національний університет водного господарства та природокористування

форм, переважають рослинні організми з гетеротрофним та змішаним типом живлення. В α-мезасапробній зоні міститься менше сапрофітних бактерій, аніж у попередній (сотні тисяч в 1см^3 води), з'являються зелені джгутикові, грибки та інші. З тваринних організмів переважають сидячі інфузорії (*Carchesium*). На дні багато гниючих решток.

У відносно чистій воді *β-мезасапробної зони* (*β-m*) окрім аміаку є нітрити і нітрати, а також розчинений кисень. Така вода містить мало сірководню і вуглекислоти і майже не загниває, хоча у нічний час може спостерігатись дефіцит кисню. Збільшується різноманітністъ видового складу, масово розвиваються рослинні організми з автотрофним живленням. Основними формами бета-мезасапробних організмів є бактерії, інфузорії, зелені водорості, ракоподібні, риби. Кількість сапрофітних бактерій становить десятки тисяч в 1см^3 води. На дні значна кількість решток відмерлих рослин і тварин, мул жовтого кольору. У незначній кількості розвиваються водні квіткові рослини. В цій зоні переважають окислювальні процеси.

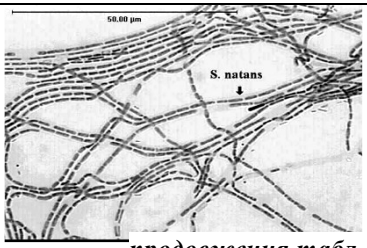
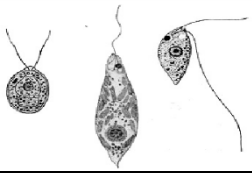
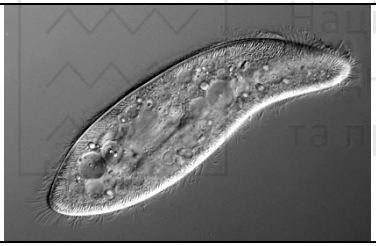
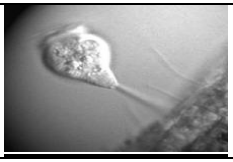
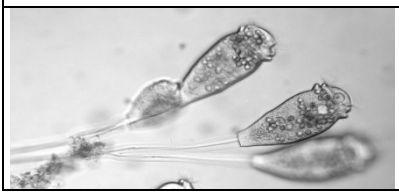
Для *олігосапробної зони* (*o*) характерна чиста вода без аміаку, нітритів, сірководню, але з незначною кількістю вуглекислоти. Завдяки великій кількості розчиненого кисню, вода не загниває. Сапрофітних бактерій мало (десятки або сотні в 1см^3 води). На дні незначна кількість органічних решток. Серед організмів олігосапробної зони – багато видів: зелених водоростей, хризомонад, коловерток, ракоподібних, риб та інших. Показником чистоти води служать деякі червоні водорості (*Thorea, Batrachospermum*) і водяний мох. Широко розповсюджені квіткові рослини.

Оцінювати ступінь забрудненості води можна лише за біоценозами, характерними для тієї чи іншої зони сапробності, а не за окремими видами, організмів, навіть індикаторних.

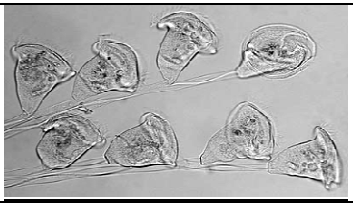
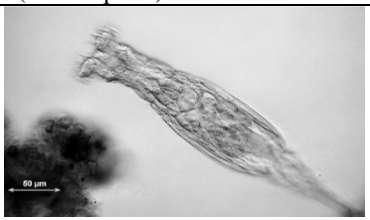
Таблиця 4

Бактерії	
	<u>Zoogloea ramigera</u> *Зооглеї являють собою драглисту масу різної форми, в якій містяться бактеріальні клітини. Зооглеї мають вигляд компактних кулеподібних скупчень, вузьких щільних тяжів або деревоподібних розгалужених лопатей.*

Національний університет водного господарства та природокористування

Sphaerotilus natans *Ниткові бактерії часто трапляються у вуглеводистих стоках. Якщо течія рідини повільна, то ці бактерії утворюють довгі нитки, які дрібнішають за сильного механічного перемішування і нестачі живлення.*	 ***продовження табл.4***
Protozoa	
Mastigophora (джгутикові)	
Bodo *Безбарвні джгутикові,* Bodo, Monas, Hexamitus, *добре видимі у мікроскоп лише за великого збільшення.*	
Ciliata (інфузорії)	
	***Paramecium caudatum*** *(інфузорія туфелька) – одна з найбільш витривалих до нестачі кисню. Разом з іншими крупними вільно плаваючими інфузоріями присутня за великої кількості бактерій, які знаходяться у завислому стані.*
Vorticella microstoma *Ці інфузорії розвиваються за нестачі розчиненого кисню.*	
	***Vorticella convallaria*** *Масово розвивається під час процесів нітрифікації. Дуже чутлива до токсичних речовин.*

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Carchesium *Розвиваються у значній кількості під час процесів нітрифікації.*	
Rotatoria (коловертки)	
Philodina roseola *Чутлива до змін в оточуючому середовищі. Із зменшенням концентрації розчиненого кисню втрачає рухливість, витягується і поступово відмирає.*	

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Національний університет
водного господарства
та природокористування

ДОДАТОК 1

Інструкція із користування фотоелектроколориметром

Вимірювання на фотоелектроколориметрі можна розпочинати лише після прогрівання приладу, яке триває 20-30хвилин. У цьому випадку режим роботи буде стабільним.

Робочі поверхні кювет перед кожним вимірюванням старанно протирають. Під час установки кювети в гніздо не можна торкатись робочих поверхонь пальцями. Рівень рідини в кюветі повинен бути не нижчим мітки. Забруднення робочої поверхні кювети призводить до помилкових результатів вимірювання.

Концентрацію речовини в досліджуваному розчині можна визначити методом порівняння або методом калібрувальної кривої.

Метод порівняння полягає в тому, що визначають оптичну густину досліджуваного і стандартного розчинів ($D_д$ і $D_{ст}$) і знаходять концентрацію досліджуваного розчину $C_д$, знаючи концентрацію стандартного розчину $C_{ст}$, за формулою

$$C_д = C_{ст} \cdot \frac{D_д}{D_{ст}}.$$

Метод калібрувальної кривої використовують під час масових аналізів. Для цього готують серію розчинів даної речовини з відомими концентраціями, що охоплюють область можливих вимірювань. Далі знаходять величини оптичної густини цих стандартних розчинів і будують графік залежності оптичної густини від концентрації розчину. По осі абсцис відкладають концентрацію речовини в стандартних розчинах, по осі ординат – оптичну густину. Якщо розчин підкоряється закону Ламберта-Бера, то отримують пряму лінію, яка проходить через початок координат.

Для того, щоб визначити концентрацію досліджуваного розчину, визначають його оптичну густину, а потім знаходять за графіком величину концентрації, що їй відповідає. Оптичну густину визначають тим же світлофільтром і в цих же кюветах, що використовувались для побудови відповідного калібрувального графіка.

Таблиця 5

Вихідні дані для побудови калібрувального ерафіка

№ п/п	Концентрація стандартного розчину, $C_{ст}$, мг	Оптична густина, $D_{ст1}$	Оптична густина, $D_{ст2}$	Оптична густина, $D_{ст...n}$	Середнє значення, $D_{ср}=\Sigma D/n$	Примітка
						(вказати які кювета та світло-фільтр)

Національний університет
водного господарства
та природокористування

ЛІТЕРАТУРА

1. Мацнєв А.І., Проценко С.Б., Саблій Л.А. Практикум з моніторингу та інженерних методів охорони довкілля. - Рівне: ВАТ „Рівненська друкарня", 2002 -460 с.

2. Мацнєв А.І., Проценко С.Б., Саблій Л.А. Моніторинг та інженерні методи охорони довкілля: Навч. Посібник. - Рівне: ВАТ „Рівненська друкарня", 2000. - 504 с.

3. Методика технологического контроля работы очистных сооружений городской канализации. Изд. 3-е, перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1977. – 299с.

4. Таубе П.Р., Баранова А.Г. Химия и микробиология воды: Учебник для студентов вузов. – М.: Высш. шк., 1983. – 280 с.

5. Унифицированные методы анализа вод. Под ред. Ю.Ю.Лурье. Изд. 2-е, испр. – М.: Химия, 1973. – 376 с.

6. Кульский Л.А. и др. Справочник по свойствам, методам анализа и очистки воды. В 2-ух частях. – К.: Наукова думка, 1980. – 1206 с.

7. СанПиН № 4630-88. Санитарные правила и нормы охраны поверхностных вод от загрязнения. – М.: Минздрав СССР, 1988. – 70 с.

8. Загальний перелік ГДК і ОБРВ шкідливих речовин для води рибогосподарських водойм. № 12-04-11 від 9.08.1990 р. Правила охраны поверхностных вод. – М., 1975. – 38 с.

9. Дополнительный перечень предельно-допустимых концентраций вредных веществ для воды рыбохозяйственных водоемов к приложению № 3 “Правила охраны поверхностных вод”, № 1-9: Утв. Главрыбводом № 30-11-22, 1983-1989 гг. – 21 с.

Національний університет
водного господарства
та природокористування