

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ І. І. МЕЧНИКОВА
ФАКУЛЬТЕТ ХІМІЇ ТА ФАРМАЦІЇ

О. В. ПЕРЛОВА, Н. О. ПЕРЛОВА

ОРГАНОЛЕПТИЧНІ ПОКАЗНИКИ ЯКОСТІ ВОДИ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до лабораторних занять та самостійної роботи
з дисципліни "Хімія природних і стічних вод"
для студентів факультету хімії та фармації

ОДЕСА
ОНУ
2019

УДК 54-3:628.1.03(075.8)

П26

Рекомендовано до друку Вченою радою
факультету хімії та фармації ОНУ імені І. І. Мечникова.
Протокол № 4 від 26 грудня 2018 р.

Рецензенти:

В. В. Менчук – кандидат хімічних наук, декан факультету хімії та фармації, доцент кафедри фізичної та колоїдної хімії Одеського національного університету імені І. І. Мечникова;

Л. А. Раскола – кандидат хімічних наук, доцент кафедри неорганічної хімії та хімічної екології Одеського національного університету імені І. І. Мечникова.

Перлова О. В.

П26 Органолептичні показники якості води : методичні вказівки до лабораторних занять та самостійної роботи з дисципліни "Хімія природних і стічних вод" для студентів факультету хімії та фармації / О. В. Перлова, Н. О. Перлова. – Одеса : Одес. нац. ун-т ім. І. І. Мечникова», 2019. – 42 с.

У методичних вказівках детально розглянуто теоретичні основи, методи визначення та нормативи органолептичних показників якості природних вод згідно з сучасними стандартами України, ВООЗ, ЄС, США тощо. Наведено методики експериментального визначення органолептичних показників якості води.

Рекомендується для аудиторної, самостійної та індивідуальної роботи студентів закладів вищої освіти, які навчаються за спеціальністю «Хімія» та суміжними спеціальностями.

УДК 54-3:628.1.03(075.8)

© Перлова О.В., Перлова Н.О., 2019

© Одеський національний університет імені І. І. Мечникова, 2019

З М І С Т

ВСТУП.....	4
ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА	5
1. МУТНІСТЬ ВОДИ	5
1.1. Загальні положення та теоретичні основи	5
1.2. Методи визначення мутності води	7
1.3. Стандарти для визначення мутності води. Одиниці вимірювання мутності.....	11
1.4. Сучасні мутноміри	14
1.5. Визначення прозорості води та її зв'язок з мутністю	14
1.6. Нормування показників мутності питної води	16
2. КОЛЬОРОВІСТЬ ВОДИ	20
2.1. Загальні положення	20
2.2. Вплив підвищеної кольоровості води на здоров'я людини	22
2.3. Методи визначення кольоровості води. Одиниці вимірювання кольоровості	23
2.4. Сучасні фотоколориметри	25
2.5. Нормування показників кольоровості питної води	25
3. ЗАПАХ І СМАК ВОДИ	26
3.1. Загальні положення	26
3.2. Методи визначення запаху і смаку води. Одиниці вимірювання запаху і смаку	28
3.3. Нормування показників запаху і смаку питної води	30
4. ГУСТИНА ТА ПИТОМА ЕЛЕКТРИЧНА ПРОВІДНІСТЬ ВОДИ.....	30
ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА	34
1. Визначення мутності води і концентрації завислих речовин	34
2. Визначення кольоровості води	35
3. Визначення запаху і смаку води	36
4. Визначення густини води	37
5. Визначення питомої електричної провідності води	37
6. Оформлення результатів	38
КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ	39
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	41

ВСТУП

Нормування якості води полягає у встановленні для води в окремому водному об'єкті сукупності допустимих значень показників її складу і властивостей, в межах яких надійно забезпечується здоров'я населення, сприятливі умови водокористування та екологічне благополуччя водного об'єкту. Гігієнічними вимогами до охорони поверхневих вод передбачені загальні вимоги до складу та властивостей води водойм, призначеної для господарчо-питного, комунально-побутового та рибогосподарчого призначення. До господарчо-побутового водокористування відноситься використання водних об'єктів як джерела господарчо-питного споживання, для водопостачання підприємств харчової промисловості. До комунально-побутового споживання відноситься використання об'єктів для купання, занять спортом та відпочинку населення. До рибогосподарчого відноситься використання водних об'єктів для існування, розмноження та міграції риб та інших водних організмів.

Визначення органолептичних показників якості води є важливим етапом її аналізу для пиття і санітарних потреб. Органолептичними властивостями води називають ті її параметри, які сприймаються органами чуття людини і оцінюються за інтенсивністю їх сприйняття. До них відносяться мутність, прозорість, кольоровість, запах, смак. Невідповідність цих параметрів оптимальним є підставою для детальнішого хімічного аналізу.

Вимоги до якості води, призначеної для господарчо-питного водоспоживання, прописуються державними і міжнародними стандартами, для яких характерний комплексний підхід до оцінки якості води. Органолептичні показники не обмежуються тільки інтенсивністю їх дії на органи чуття. Для низки сполук визначені гранично-допустимі концентрації (ГДК) їх у воді, перевищення яких погіршує органолептичні властивості води. Таким чином, саме завдяки органолептичним, фізичним та хімічним показникам якості води можна зробити висновок про її придатність до будь-яких певних потреб.

ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

1. МУТНІСТЬ ВОДИ

1.1. Загальні положення та теоретичні основи

Завислі у воді тверді частинки порушують проходження світла крізь зразок води і створюють мутність води. Американська Асоціація охорони здоров'я (АРНА) визначає мутність як "чисельну характеристику оптичної властивості, яка викликає розсіювання і поглинання світла замість його проходження крізь зразок по прямій". Мутність можна розглядати як характеристику відносної прозорості води. Вимірювання мутності – це вимірювання величини розсіювання світла на завислих частинках, а не пряме визначення кількості суспензії (зависі) в рідині.

Мутність води характеризує зменшення прозорості води у зв'язку з наявністю неорганічних і органічних тонкодисперсних зависей, а також з розвитком планктонних організмів. Причинами мутності води може бути наявність в ній піску, глини, неорганічних сполук (Алюміній гідроксиду, карбонатів різних металів), окиснення сполук Феруму і Мангану киснем повітря, що призводить до утворення колоїдних частинок, а також наявність органічних домішок або живих істот (бактеріо-, фіто- або зоопланктон). Органічна мутність, обумовлена накопиченням мікроорганізмів, може спостерігатися в таких великих кількостях, що вода стає неприємною і каламутною. Прикладом мутності, обумовленої мікроорганізмами, є літнє цвітіння синьо-зелених водоростей у поверхневих водоймах.

Розмір частинок (табл. 1), які зумовлюють мутність води, коливається від 10^{-5} – 10^{-7} см (колоїдні частинки) до більш за 0,1 мм в діаметрі (грубодисперсні частинки). Основну частину завислих речовин у більшості природних вод складають частинки ґрунту, що виносяться з поверхні землі в результаті ерозій.

Мутність води пов'язана з багатьма іншими показниками якості води або впливає на них. Наприклад, висока мутність води впливає на її смак і запах, тому присутність завислих частинок в

системах питного водопостачання робить воду непривабливою для споживача.

Таблиця 1

Характеристика вод за вмістом завислих домішок

Приблизний розмір частинок, мм	Гідравлічна крупність* , мм/с	Домішка (умовно)	Час осадження частинок на 1 м
1,0	100	Крупний пісок	10 с
0,5	53	Середній пісок	20 с
0,1	6,9	Дрібний пісок	2,5 хв
0,050 – 0,027	1,7 – 0,5	Крупний мул	10 – 30 хв
0,010 – 0,005	0,070 – 0,017	Дрібний мул	4 – 18 год
0,0027	0,005	Крупна глина	2 доби
0,0010 – 0,0005	0,00070 – 0,00017	Тонка глина	0,5 – 2 місяці
0,0002 – 0,000001	0,000007	Колоїдні частинки	4 роки

* Гідравлічна крупність – швидкість осадження частинок в лабораторному циліндрі протягом 2 год.

Мутність впливає на мікробіологічну якість питної води, оскільки ускладнює виявлення в питній воді бактерій і вірусів. Ріст мікробів у воді відбувається найінтенсивніше на поверхні частинок і на вільних пластівцях, що зустрічаються в природних умовах, а також на пластівцях, що утворюються в процесі коагуляції. Цей ріст пояснюється тим, що поживні речовини адсорбуються на поверхнях частинок, завдяки чому бактерії, що затримуються на них, зростають ефективніше, ніж бактерії, що знаходяться у вільному стані в суспензії. Здатність зважених частинок до адсорбції може вести до захоплення ними небажаних сполук, присутніх в воді, що зумовлює непряму залежність між мутністю і аспектами якості води, пов'язаними зі здоров'ям людини. Так, наприклад, стійкість деяких метал-гумінових комплексів, що входять у фракцію мутності, ускладнює визначення металів у природних водах, призводячи до заниження оцінки вмісту металу.

Величина мутності залежить від характеру живлення водоймища, властивостей берегових порід, кліматичних і погодних умов. Мутність води в річках і прибережних районах водойм підвищується при дощах, паводках, таненні льодовиків. Як правило, взимку рівень мутності води в водоймах найнижчий, а найвищий – навесні та під час літніх дощів.

Мутність питної води нормується в основному через те, що каламутна вода захищає мікроорганізми при ультрафіолетовому знезараженні і полегшує зростання бактерій, а також з естетичних міркувань.

1.2. Методи визначення мутності води

Практичні спроби кількісно виміряти мутність відносяться до 1900 року, коли Уіпл і Джексон розробили стандарт суспензії, що містив 1000 ppm кізельгуру (діатомітової землі) в дистильованій воді. Розведення цієї суспензії дозволило створити так звану "кремнеземну" шкалу мутності на основі набору стандартних суспензій для калібрування турбідиметрів того часу.



Рис. 1. Свічковий мутномір Джексона

Джексон скористався цією шкалою для створення приладу, відомого як «свічковий мутномір Джексона» (рис. 1). Він складався зі спеціальної свічки і циліндру. Джексон відкалібрував його в одиницях ppm за мутністю зваженого кремнезему. Для визначення мутності зразок повільно наливали в циліндр доти, поки зображення полум'я, що спостерігається зверху, не перетворювалося у безформне світіння (рис. 1). Висота рідини в циліндрі потім переводилася в одиниці кремнеземної шкали, а мутність визначалася в *Джексонівських одиницях мутності (JTU)*. JTU визначається як величина, зворотна мінімальній товщі води, крізь яку не видно

полум'я свічки.

В дійсний час для вимірювання мутності природних вод використовують гравіметричний, візуальний та оптичні методи (нефелометричний, турбідиметричний). Оптичні методи базуються на вимірюванні інтенсивності світла, що розсіялося частинками домішок.

Гравіметричний метод визначення мутності найточніший з наведених, але потребує багато часу. Пробу досліджуваної води об'ємом 100-500 мл (залежно від кількості завислих речовин) після збовтування фільтрують крізь мембранний або паперовий фільтр (синя стрічка). Завись, що осіла на фільтрі, промивають холодною дистильованою водою. Фільтр з осівшими частинками висушують до постійної маси в сушильній шафі при 40–50 °С (мембранний фільтр) або при 105 °С (паперовий фільтр), охолоджують та зважують. Вміст завислих речовин (C , мг/дм³) розраховують за формулою:

$$C = (m_2 - m_1) / V, \quad (1)$$

де m_1 і m_2 – маса фільтра з осадом до та після висушування, мг;
 V – об'єм проби, дм³.

Для експрес-аналізів мутність визначають візуальним методом – за ступенем мутності стовпа води висотою 10-12 см в мутномірній пробірці. Пробу описують якісно таким чином: прозора; така, що слабо опалесцує; така, що опалесцує; слабо каламутна; каламутна; дуже каламутна.

Оптичні методи визначення мутності

Розглянемо явища, які відбуваються при потраплянні пучка світла на воду, що містить певну кількість частинок-домішок різної природи і розміру. Світлорозсіювання, або опалесценція, належить до дифракційних явищ, обумовлених неоднорідностями, розміри яких менші довжини хвилі падаючого світла. Такі неоднорідності розсіюють світло в усіх напрямках. Опалесценцію, обумовлену світлорозсіюванням, спостерігав Фарадей (1857 р.), а потім Тіндаль

(1869 р.), який виявив утворення конуса, що світиться, при пропусканні пучка світла крізь колоїдний розчин («конус Тіндаля»).

Промінь світла, який проходить крізь абсолютно чисту рідину, залишається практично незмінним, хоча, навіть в абсолютно чистій воді, молекули викликають розсіювання світла на деякий, хоч і дуже малий, кут. В результаті, жоден розчин не має нульову мутність. Якщо в зразку присутні завислі частинки, то результат взаємодії зразка зі світлом залежить від розміру, форми і складу частинок, а також від довжини хвилі падаючого світла.

Взаємодія найдрібніших частинок з падаючим світлом відбувається наступним чином: частинка поглинає енергію світла і потім, сама стаючи точковим джерелом, випромінює світло на всі боки. Це випромінювання на всі боки і є причиною розсіювання світла.

В основі теорії світлорозсіювання лежить рівняння Релея для інтенсивності світла I_p , розсіяного одиницею об'єму дисперсної системи низької концентрації (відстань між частинками більше довжини хвилі падаючого світла) зі сферичними безбарвними діелектричними частинками, значно меншими за довжину хвилі падаючого світла:

$$I_p = I_0 \left[24\pi^3 \left(\frac{n_1^2 - n_0^2}{n_1^2 + 2n_0^2} \right)^2 \frac{\nu V^2}{\lambda^4 R^2} (1 + \cos^2 \theta) \right], \quad (2)$$

де I_0 – інтенсивність падаючого світла; n_1 і n_0 – відповідно, показник заломлення речовини дисперсної фази і дисперсійного середовища; ν – концентрація частинок в одиниці об'єму системи; V – об'єм частинки; λ – довжина хвилі падаючого світла; R – відстань частинки від джерела світла; θ – кут між напрямками поширення розсіяного світла і падаючого світла.

Рівняння Релея лежить в основі оптичних методів визначення мутності – нефелометрії і турбідиметрії.

Нефелометрія – метод дослідження, при якому вимірюють інтенсивність розсіяного світла, що падає на кювету з дисперсною системою. Нефелометричний метод базується на вимірюванні інтенсивності світла, розсіяного під кутом 90° частинками, що

знаходяться в аналізованій пробі в завислому стані. Зазвичай об'ємна концентрація C дисперсної фази відома або легко визначається. Тому співвідношення (2) при даній довжині хвилі записується у вигляді:

$$I_p = I_o \cdot k \cdot \nu \cdot V^2 = I_o \cdot k \cdot C \cdot V, \quad (3)$$

де k – константа; $C = \nu \cdot V$ – об'ємна концентрація дисперсної фази.

З рівняння (3) випливає, що, знаючи концентрацію або розмір частинок в стандартній системі, можна розрахувати відповідно розмір частинок або їх концентрацію в досліджуваній дисперсній системі.

Рішення проблеми визначення мутності води полягає в тому, щоб визначати кількість розсіяного світла і співвіднести кількість розсіяного світла з реальною мутністю зразка. Вважається, що кут в 90° дозволяє забезпечити найбільшу чутливість до розсіювання на частинках. Більшість сучасних приладів визначають розсіювання під кутом 90° (рис. 2). Такі прилади називаються нефелометрами або нефелометричними турбідиметрами, щоб показати їх відмінність від звичайних турбідиметрів, які визначають співвідношення між інтенсивністю світла, яке пройшло крізь систему, і світла, поглинутого системою.

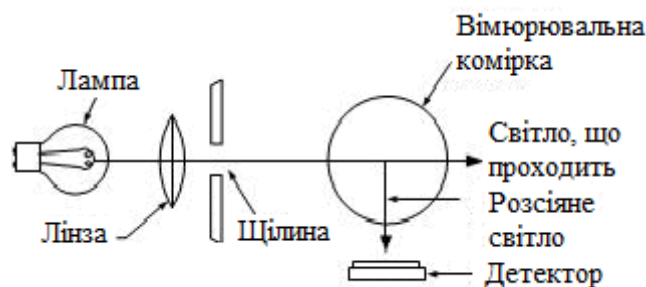


Рис. 2. Принципова схема нефелометра

Завдяки своїй чутливості, точності і можливості застосування в широкому діапазоні розмірів і концентрацій частинок, нефелометр вважається кращим приладом для визначення мутності («Стандартні методи дослідження води і стоків» (Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater), US EPA).

Турбідиметрія базується на вимірюванні інтенсивності світла, яке пройшло крізь дисперсну систему. Розсіяне світло можна вважати фіктивно поглинутим, і тому є всі підстави прийняти, що закономірності розсіювання світла підкоряються рівнянню Бугера-Ламберта-Бера:

$$\ln(I_0 / I_n) = 2.3A = \tau \cdot l, \quad (4)$$

де I_n – інтенсивність світла, яке пройшло крізь систему; $A = \lg(I_0/I_n)$ – оптична густина; $\tau = I_p/I_0$ – мутність системи; l – товщина поглинаючого шару.

З рівнянь (3) і (4) видно, що мутність, а отже, і оптична густина, пропорційні концентрації дисперсної системи і квадрату об'єму частинки. Це дозволяє визначати мутність і концентрацію дисперсної системи за оптичною густиною методом порівняння зі стандартними зразками за допомогою фотоелектроколориметра.

Таким чином, мутність можна визначити фотометрично (турбідиметрично – за ослабленням інтенсивності світла, що проходить), або нефелометрично – за інтенсивністю світлорозсіювання).

1.3. Стандарти для визначення мутності води.

Одиниці вимірювання мутності

Основна проблема використання оптичних методів визначення мутності води – необхідність застосування стандартних речовин для приготування суспензій відомого складу для побудови градууювальних графіків. Проте, стійкого складу стандартів важко досягти, оскільки раніше їх готували з різних природних матеріалів – сукновальної глини, каоліну, донних відкладень. В якості стандартної суспензії найчастіше використовувався каолін (глина), при цьому результат вимірювань виражався в мг (каоліну)/дм³.

У 1926 р. Кінгсбері і Кларк створили **формазин**, який є майже ідеальною речовиною для приготування стандартних суспензій. Для приготування формазину потрібно розчинити точну наважку 5,00 г Гідразин сульфату і 50,00 г гексаметилентетраміну в 1 дм³ дистильованої води. Розчин стає каламутним після вистоювання протягом 48 год при 25 °С. За ідеальних температурних умов і

освітлення ця суміш може бути приготована багаторазово з точністю $\pm 1\%$. Формазин – єдиний стандарт, який можна приготувати з контрольованих вихідних речовин.

Формазин – це полімер, що складається з ланцюжків різної довжини, які згорнуті в різних конфігураціях. Це дає широкий спектр форм і розмірів частинок (0,1 – 10 мкм). Таке різноманіття форм і розмірів частинок формазину добре аналітично поєднується з можливими розмірами і формами частинок в реальних зразках. Різноманіття форм і розмірів частинок в стандартах на основі формазину призводить до статистично відтворюваного розсіювання світла в турбідиметрах всіх типів і моделей. Завдяки відтворюваності розсіювання і можливості контролювати процес приготування формазину, способи калібрування турбідиметрів і критерії ефективності в усьому світі були приведені до даного стандарту.

В Стандартних методах дослідження води і стоків (США, 19 видання) було введено поняття «первинний стандарт» і «вторинний стандарт». Первинний стандарт визначено як стандарт, який готується користувачем прецизійно, з контрольованих вихідних речовин, при контрольованих умовах навколишнього середовища. У турбідиметрії єдиним стандартом, що відповідає даним вимогам, є формазин, що готується безпосередньо у лабораторії. Після прийняття формазину як первинного стандарту, одиниці мутності стали називати одиницями мутності за формазином – ОМФ, ОМ/дм³, FTU (*Formazin Turbidity Units*). Першими в якості первинного стандарту мутності формазин стали використовувати Американська Асоціація Охорони Здоров'я (АРНА) і Американська Асоціація підприємств водного господарства (AWWA).

Вторинний стандарт – це стандарт виробника (або незалежної перевіряючої організації), такий, що калібрування приладу за цим стандартом дає (в певних межах) результати, еквівалентні тим, які дає калібрування за стандартом формазину, приготованого користувачем. Існують різні види вторинних стандартів, зокрема,

промисловий асортимент суспензій формази́ну (рис. 3), стабілізовані суспензії формази́ну і промислові суспензії мікросфер сополімеру сти́ролу і дивінілбензо́лу.



Рис. 3. Зразки води з мутністю 5, 50 і 500 ОМФ

Використовуються також стандарти для перевірки калібрування приладу, надані виробником, наприклад, запаяні комірочки, наповнені суспензією латексу або частинками оксиду металу в гелеподібному полімері. Вони не придатні для проведення калібрувань приладу, але з їх допомогою можливо перевірити працездатність приладу між калібруваннями.

Якщо буде виявлено розбіжність у точності стандарту або приладу, то судити про роботу приладу дозволяє тільки первинний стандарт (тобто виготовлений користувачем формазин). Формазин – це єдиний первинний стандарт у турбідиметрії, а всі інші стандарти приводяться до формази́ну.

Таким чином, на сьогодні в якості основної в усьому світі затвердилася фотометрична методика вимірювання мутності за формази́ном, що знайшло своє відображення в стандарті ISO 7027. Згідно з цим стандартом, одиницею вимірювання мутності є FNU (*Formazine Nephelometric Unit*). Агенція захисту навколишнього середовища США і Всесвітня організація охорони здоров'я (ВООЗ) використовують для вимірювання мутності одиницю NTU – *Nephelometric Turbidity Unit* (НОМ – *нефелометрична одиниця мутності*). Щоб вказати різницю між мутністю, визначеною нефелометричним і візуальним способами, результати, отримані першим способом, виражають в NTU, а другим – JTU.

Одиниці вимірювання мутності зв'язані між собою таким чином:

$$1 \text{ FTU} = 1 \text{ NTU} = 0,053 \text{ JTU} .$$

Перерахунок в мг/дм^3 залежить від матеріалу і варіюється від $1 \text{ NTU} = 0,13 \text{ мг/дм}^3$ (кремнезем у вигляді діатоміту) до 1 мг/дм^3 (каолін). ДСТУ 3351-74 встановлює співвідношення $1 \text{ Ом/дм}^3 = 0,58 \text{ мг/дм}^3$ для каоліну.

1.4. Сучасні мутноміри

Сучасні мутноміри (рис. 4) являють собою автоматичні пристрої, які працюють в декількох режимах. Їх відрізняє висока точність, простота використання і функціональність, можливість роботи в широкому інтервалі температур (від 0 до $+50^\circ\text{C}$).



Рис. 4. Зовнішній вигляд сучасних мутномірів різних виробників

Вимірювальний блок пристрою включає в себе регулятори і електронні компоненти. Як джерело світла можуть використовуватися ртутні або інфрачервоні лампи. Вони дозволяють вивчати як незабарвлені, так і кольорові зразки. Похибка вимірювань залежить від діапазону визначення мутності і складає $\pm 2\%$ ($0 \dots 1000 \text{ NTU}$); $\pm 5\%$ ($1000 \dots 4000 \text{ NTU}$); $\pm 10\%$ ($4000 \dots 10\,000 \text{ NTU}$). Відтворюваність вимірювань складає $\pm 1\%$.

1.5. Визначення прозорості води та її зв'язок з мутністю

Основне завдання нефелометрії – це визначення гранично низьких значень мутності. Зазвичай значення мутності в пробах чистої води менше за 1 NTU . У таких пробах домішки не можна побачити неозброєним оком. Такою є, наприклад, питна вода або вода, яка використовується при виробництві напівпровідників та на електростанціях.

Тому поряд з мутністю, особливо у випадках, коли вода має незначну мутність, та її визначити важко, користуються показником «прозорість». Міра прозорості – висота стовпа води, при якій можна спостерігати білу платівку певних розмірів (диск Секки), який занурюють на мотузці у водоймище, або спостерігати «хрест» з товщиною ліній 1 мм, нанесений чорною фарбою на білу фарфорову платівку, та чорні точки діаметром 1 мм, розміщені в кожному квадраті утвореної цим хрестом фігури (метод Кострикіна), або розрізняти на білому папері шрифт певного розміру (висотою 3,5 мм і шириною ліній 0,35 мм) та типу (метод Снеллена (рис. 5)).

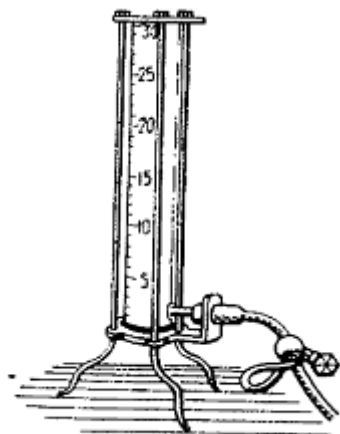


Рис. 5. Прилад Снеллена для визначення прозорості за шрифтом

Метод Снеллена є уніфікованим і відповідає ISO 7027. Недоліками розглянутих методів є вертикальне розташування вимірювального пристрою та недостатня точність визначення прозорості води. Класифікацію води за прозорістю наведено в табл. 2

Таблиця 2

Класифікація води за прозорістю

Оцінка прозорості	Прозорість за шрифтом, см	Вміст завислих речовин, мг/дм ³
Прозора	Більше 30	Менше 3 – 4
Слабко мутна	25 – 30	Менше 5 – 6
Середньо мутна	20 – 25	6 – 10
Мутна	10 – 20	10 – 30
Дуже мутна	Менше 10	Більше 30

Взаємозв'язок між прозорістю за хрестом, прозорістю за шрифтом та вмістом завислих речовин наведений в табл. 3. Але слід

враховувати, що вміст завислих речовин за величиною прозорості води можна оцінити лише приблизно, оскільки остання залежить також від забарвлення розчинених у воді речовин.

Вибір методу визначення мутності води та вмісту завислих речовин залежить від їх концентрації у воді. Якщо вміст завислих речовин не перевищує 100 мг/дм^3 , використовують оптичні методи і гравіметричний метод з мембранними фільтрами; якщо концентрація суспендованих частинок більша, ніж 100 мг/дм^3 , використовують гравіметричний метод з паперовими фільтрами. Якщо вода містить менше за 3 мг/дм^3 завислих речовин, визначають її прозорість за хрестом або за шрифтом.

Таблиця 3

Взаємозв'язок прозорості, визначеної різними методами, та вмісту завислих речовин

Прозорість, см		Вміст завислих речовин, мг/дм^3	Прозорість, см		Вміст завислих речовин, мг/дм^3
За хрестом	За шрифтом		За хрестом	За шрифтом	
0,5	5	160 – 300	16	160	9 – 14
2	20	40 – 120	17	170	8 – 12
3	30	30 – 90	18	180	7 – 10
5	50	16 – 75	19	190	6 – 9
6	60	14 – 52	21	210	5 – 8
8	80	11 – 40	23	230	4 – 6
9,5	95	10 – 33	25	250	3 – 6
11	110	10 – 27	26	260	3 – 6
12,5	125	10 – 20	28	280	3 – 6
14	140	10 – 17	30	300	3 – 6

1.6. Нормування показників мутності питної води

У різних країнах світу стандарти якості питної води мають свої особливості, які залежать від багатьох причин: наявності у воді специфічних для певних територій хімічних і біологічних

забруднюючих агентів, рівня розвитку науки (в першу чергу – гігієни і епідеміології), наявності у водопостачальних і контролюючих організацій необхідного лабораторного обладнання з контролю якості питної води, деяких соціально-політичних, економічних, національних та інших факторів.

У теперешній час існує декілька світових організацій, що займаються проблемами стандартизації води. Основними міжнародними документами, що регламентують вимоги до якості питної води, є рекомендації Всесвітньої Організації Охорони Здоров'я (ВООЗ, World Health Organization (WHO)) і Директива 98/83/ЄС з питної води країн Європейського Співтовариства. Низка країн (Японія, ПАР та ін.) в якості базових документів для розробки своїх національних стандартів використовують нормативи Агенції з охорони навколишнього середовища США (US EPA).

ВООЗ узагальнює гігантський обсяг досліджень по шкідливим речовинам і дає рекомендації, які науково обґрунтовані і досить об'єктивні. Однак відповідальність ВООЗ умовна, вона не має прямого відношення до санітарних служб країн світу, які несуть юридичну відповідальність перед своїми громадянами і урядом. ВООЗ за показаннями впливу на здоров'я мутність не нормує, проте з точки зору зовнішнього вигляду рекомендує, щоб мутність була не вищою за 5 NTU, а з метою знезараження – не більше за 1 NTU.

Директива 98/83/ЄС (Директива Ради від 3 листопада 1998 р. з якості питної води, призначеної для споживання людиною) нормує величину мутності питної води не більш 1 ОМФ. Даний документ ліг в основу водного законодавства європейських країн-членів ЄС.

Стандарти якості питної води, прийняті в **США** розроблені на основі узагальнення і аналізу результатів проведеного широкомасштабного вивчення впливу показників питної води на здоров'я населення, враховують значні наявні в даній країні можливості лабораторних досліджень цих показників на різних (в тому числі регіональному і місцевому) рівнях, а також технологічні та економічні можливості очищення води до необхідних нормативів. У США використовуються Основні національні

стандарти питної води (National Primary Drinking Water Standards), прийняті Американським управлінням з охорони навколишнього середовища (US EPA) і є обов'язковими для всієї країни. В цьому документі для кожної речовини, що міститься в питній воді, встановлено два нормативи: максимальний рівень забруднення (MCL) і бажаний для громадського здоров'я показник (MCLG). Це дає можливість американським фахівцям у сфері питного водопостачання при організації та проведенні очищення питної води орієнтуватися на досягнення оптимальних показників води, маючи можливість по ситуації тимчасово допустити відхилення якості питної води від цих норм, але не вище граничного нормативу – максимального рівня забруднення.

MCLG – рівень забруднення питної води, нижче якого не очікується або не відомий ризик для здоров'я. MCLG встановлює межі безпеки. MCL – це обов'язкова для дотримання величина, що являє собою гранично допустимий рівень для кожного параметру якості води. Це найвищий рівень забруднення, допустимий для питної води. MCL встановлюється якомога ближче до MCLG з урахуванням сучасних технологічних та економічних можливостей. MCL є стандартом, який застосовується в практичній діяльності.

Крім того, Агенція з охорони навколишнього середовища США рекомендує дотримуватися також Національних другорядних стандартів питної води (National Secondary Drinking Water Standards).

Що стосується мутності, то вона в США є не органолептичним, як в Україні, а фізичним показником якості води, і, за останніми даними, додатковим мікробіологічним показником якості води, бо побічно вказує на присутність у воді мікроорганізмів, які можуть викликати захворювання.

В *Україні* згідно з чинними Державними санітарними нормами та правилами "Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною" (ДСанПіН 2.2.4-171-10), для водопровідної води встановлюється норматив для мутності 1,0 НОМ. Однак, за погодженням з головним санітарним лікарем відповідної території

може досягати величини 3,5 НОМ. У нормативних документах (ДСанПіН 2.2.4-171-10, ДСТУ 3351-74 «Вода питна. Методи визначення смаку, запаху, кольоровості і мутності») наводиться співвідношення для перерахунку нефелометричних одиниць мутності в мг/дм³, згідно з яким 1 НОМ = 0,58 мг/дм³.

У табл. 4 узагальнені відомості щодо чисельних значень мутності питної води, нормованих в деяких країнах.

Таблиця 4

Нормативи мутності питної води

Країна / нормативний документ	Норматив мутності, NTU
Україна, ДСанПіН 2.2.4-171-10	1,0 (3,5)
ДСТУ 2874-82	1,5 (2,0)
ВООЗ	5,0
ЄС, Директива 98/83/ЄС	1,0
Франція, Китай, Фінляндія, Канада	1,0
США	1,0 (5,0)
Швеція	1,5
Японія	2,0
ПАР, Бразилія, Австралія, Індія	5,0

Таким чином, завислі речовини, що знаходяться у воді і зумовлюють її мутність, впливають на зовнішній вигляд і естетичне сприйняття води, яка споживається. Важливо, що в мутній воді мікроорганізми захищені при знезараженні, в ній полегшується зростання бактерій і хвороботворних мікроорганізмів. Крім того, мутність використовується як показник ефективності видалення завислих частинок в процесі очищення води методами коагуляції, осадження, фільтрації.

Отже, необхідно усувати мутність води до встановлених норм (табл. 4).

2. КОЛЬОРОВІСТЬ ВОДИ

2.1. Загальні положення

Гумінові і фульвокислоти, їх розчинені солі (Ферум (III) гумати і фульвати), а також водорості можуть надавати воді забарвлення. Інтенсивність забарвлення води характеризують кольоровістю.

Кольоровість – один з органолептичних показників якості води, обумовлений вмістом в ній органічних і неорганічних речовин природного і техногенного походження.

У більшості випадків кольоровість природних вод обумовлюється гуміновими речовинами, які утворюються в ґрунті внаслідок мікробіологічного руйнування чужорідних органічних сполук і синтезу ґрунтовими мікроорганізмами нової органічної речовини – *гумусу*, яка властива ґрунту. Гумус має коричневий колір, тому гумінові речовини надають воді забарвлення від жовтого до коричневого. Невелика кількість гумінових речовин утворюється безпосередньо в поверхневих водоймах внаслідок мікробіологічного руйнування водних рослин (водоростей). Чим більший вміст гумінових речовин у воді, тим інтенсивніша її кольоровість.

Отже, жовтуватий, коричневий або жовто-зелений відтінки води природних джерел пояснюються, головним чином, присутністю в воді гумусових і дубильних речовин, органічних сполук, сполук Феруму, «цвітінням» водойм.

На кількість цих речовин впливають геологічні умови, водоносні горизонти, характер ґрунту, наявність боліт і торфовищ у басейнах річок, кліматичні умови тощо. Взимку вміст органічних речовин в природних водах мінімальний, в той час як навесні, в період повеней і паводків, а також влітку, в період масового розвитку водоростей (цвітіння води), він підвищується. Підземні води, як правило, мають меншу кольоровість, ніж поверхневі. Вода деяких річок має жовтий, світло-коричневий, а іноді і майже чорний колір. Те ж спостерігається і в багатьох озерах і водосховищах. Найбільш інтенсивне забарвлення властиве поверхневим водам

річок і озер, розташованих в зонах торф'яних боліт і заболочених лісів, найменш інтенсивне – тим з них, які розташовані в степах і степових зонах. Така закономірність пов'язана з більш повним розпадом залишків органічної речовини в південних широтах. Інтенсивність забарвлення води залежить не тільки від кількості розчинених і колоїдно-розчинених речовин, але також від кольору розчинених речовин і від розмірів міцел колоїдно-розчинених речовин.

Розрізняють *істинну* і *видиму (уявну)* кольоровість води. *Істинна* кольоровість води зумовлена наявністю розчинених речовин. *Уявна* кольоровість води зумовлена наявністю не тільки розчинених, але й колоїдно-розчинених і суспендованих (завислих) речовин, які знаходяться у воді. Згідно з ДСТУ ISO 7887:2003, істинну кольоровість води визначають після фільтрування проби води крізь мембранний фільтр з розміром пор 0,42 мкм, тоді як уявну кольоровість визначають у вихідній пробі води без фільтрування або центрифугування.

Якщо у воді знаходяться органічні сполуки та їх комплекси, які містять Ферум, може спостерігатися явище «*повернення кольоровості*». Воно виявляється при обробці високозабарвлених м'яких вод коагулянтами – солями Феруму. Введення в природну воду катіонів Fe^{2+} і Fe^{3+} призводить до того, що в результаті їх взаємодії з органічними сполуками утворюються сильно забарвлені комплекси, внаслідок чого відбувається підвищення кольоровості обробленої води порівняно з вихідною. Крім того, в процесі введення у воду коагулянту утворюється велика кількість дрібнодисперсних зародків, які погано осідають у відстійниках.

Крім кольоровості, існує поняття *забарвлення* води. Воно пов'язане із забрудненням води речовинами органічного та неорганічного походження, зокрема, барвниками, які можуть потрапляти у водойми зі стічними водами підприємств легкої промисловості, деякими неорганічними сполуками Феруму, Мангану, Купруму як природного, так і техногенного походження. Так, Ферум і Манган можуть зафарбовувати воду в кольори від

червоного до чорного, Купрум – від блідо-блакитного до синьо-зеленого, тому забруднена стоками промислових підприємств вода може мати неприродний колір.

Отже, підвищення інтенсивності забарвлення води може свідчити про її забруднення промисловими стічними водами. Незвичайні кольоровість і забарвлення води обмежують її вживання і змушують шукати нові джерела водопостачання. Крім того, кольоровість є показником ефективності очищення (знебарвлення) води на очисних спорудах.

2.2. Вплив підвищеної кольоровості води на здоров'я людини

Висока кольоровість є тривожною ознакою, що свідчить про «неблагополуччя» води. Вода з високою кольоровістю за рахунок гумінових речовин може бути біологічно активною, оскільки внаслідок дії гумінових кислот на 50-100% підвищується проникність стінок кишечника для іонів Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{3+} , Mn^{2+} , Zn^{2+} , SO_4^{2-} .

В останні роки вченими виявлена залежність між показниками залишкової кольоровості питної води і вмістом побічних продуктів хлорування, що представляє певний ризик для здоров'я населення. Доведено реальну можливість утворення хлорпохідних сполук (особливо хлороформу) від 5,0 до 12,0 ГДК у весняно-літній період року, що супроводжується збільшенням кольоровості питної води. Висока кольоровість води є передумовою утворення в ній після хлорування хлорпохідних сполук, що мають канцерогенну і мутагенну активність. Встановлено кореляцію між показниками онкологічної смертності і кольоровістю питної води. Дослідженнями репродуктивної функції у жінок встановлено найбільшу кількість порушень перебігу вагітності, пологів та патології у жінок, які вживали хлоровану воду з високою залишковою кольоровістю.

Отримані дані свідчать про необхідність забезпечення населення питною водою з кольоровістю, що не перевищує

гігієнічний норматив (20 градусів) з метою зниження канцерогенного і мутагенного ризику здоров'ю населення за рахунок побічних продуктів хлорування води. Таким чином, показник кольоровості питної води одночасно є інтегральним показником забруднення хлорорганічними сполуками.

2.3. Методи визначення кольоровості води. Одиниці вимірювання кольоровості

Кольоровість води можна визначити візуальним та фотометричним методами. Визначення істинної кольоровості проводиться після видалення з проби води завислих речовин шляхом фільтрування або центрифугування.

Метод візуального визначення кольоровості застосовують тільки за необхідності орієнтовної оцінки кольоровості води. Проводять порівняння кольору досліджуваної води з еталонною шкалою, що імітує забарвлення води.

Метод фотометричного визначення кольоровості базується на вимірюванні оптичної густини проби води відносно дистильованої води із застосуванням *хром-кобальтової* або *платино-кобальтової* шкали (шкали Хазена). Кольоровість виражають у градусах *платино-кобальтової* шкали або *хром-кобальтової* шкали. 1000 умовних градусів кольоровості за платино-кобальтовою шкалою відповідає забарвленню розчину, що містить 2,49 г $K_2[PtCl_6]$ і 2,08 г $CoCl_2 \cdot 6H_2O$ в 1 дм³ води, а за хром-кобальтовою шкалою – забарвленню розчину, що містить 0,175 г $K_2Cr_2O_7$ і 4 г $CoSO_4 \cdot 7H_2O$ в 1 дм³ води (ДСТУ 3351-46).

За кордоном кольоровість виражають у PCU (*Platinum Cobalt Color Unit*): 1 PCU = 1 градус Pt-Co шкали.

При візуальному визначенні кольоровість природної води виражається в мг/дм³ платини (ДСТУ ISO 7887:2003): 1 мг/дм³ Pt = 1 градус Pt-Co шкали.

Умови фотометричного визначення кольоровості, зокрема, довжина хвилі, при якій проводиться визначення оптичної густини досліджуваної води, **відрізняються** залежно від стандартів, які

використовуються. В *ДСТУ 3351-74* оптична густина фільтрату досліджуваної проби води вимірюється при довжині хвилі 413 нм відносно дистильованої води. В даному стандарті використовується тільки хром-кобальтова шкала.

У чинному українському стандарті *ДСТУ ISO 7887:2003* і чинному за кордоном міжнародному стандарті *ISO 7887:2011 (Метод В)* використовується інший підхід до фотоколориметричного визначення істинної кольоровості води. Вимірювання проводять при довжинах хвиль $\lambda(1)$, $\lambda(2)$ і $\lambda(3)$, відповідно, 436, 525 і 620 нм. В даному випадку для кількісної характеристики кольоровості застосовується спектральний коефіцієнт поглинання $\alpha(\lambda)$ – поглинання на одиницю довжини шляху (товщини поглинаючого шару):

$$\alpha(\lambda) = A \cdot f / l, \quad (5)$$

де A – оптична густина води при довжині хвилі λ ; l – довжина оптичного шляху кювети, мм; f – перевідний множник для отримання спектрального коефіцієнта в м^{-1} ($f = 1000$).

В стандарті *ISO 7887:2011* не використовується хром-кобальтова шкала, а для платино-кобальтової застосовується довжина хвилі 410 нм (*метод С*).

За величиною кольоровості води діляться на наступні типи (табл. 5).

Таблиця 5

Класифікація вод за кольоровістю

Кольоровість	Градус Pt-Co шкали
Дуже мала	Менше 25
Мала	25 – 50
Середня	50 – 80
Висока	80 – 120
Дуже висока	Більше 120

2.4. Сучасні фотоколориметри



Рис. 6. Зовнішній вигляд приладу Lovibond

Для визначення кольоровості питної води і стічних вод використовують автоматичні фотоколориметри, наприклад, прилад Lovibond Aquatint (The Tintometer Ltd, Велика Британія). Сучасні фотоколориметри (рис. 6) використовуються для

аналізу чистої води (котельні, бойлерні, тепло- та електростанції, підприємства водопідготовки, напівпровідникова промисловість) і забрудненої води (очисні споруди, водоканали, станції екологічного моніторингу тощо). Прилад виконує автокалібрування, яке виключає помилки оператора.

2.5. Нормування показників кольоровості питної води

Порівняльний аналіз допустимих нормативів кольоровості води в Україні, США і ЄС (табл. 6) показує, що в різних країнах існують деякі розбіжності за цим показником.

Таблиця 6

Нормативи кольоровості води

Країна / нормативний документ	Норматив кольоровості, градус Pt-Co шкали
Україна, ДСанПін 2.2.4-171-10	20 (35)
ВООЗ	15
США, US EPA	15
ЄС, Директива 98/83/ЄС	20
Швейцарія	Безбарвна (вода вищої якості)

3. ЗАПАХ І СМАК ВОДИ

3.1. Загальні положення

Запах і смак води – ознака вмісту в ній певних речовин (розчинених солей, різних хімічних і органічних сполук), які обумовлюють ці показники. Запах і смак природних вод зумовлені розчиненими солями, газами і органічними сполуками, що утворюються в процесі життєдіяльності водних організмів. Природна вода набуває запаху і смаку через розчинені в ній мінеральні і органічні сполуки, що потрапляють у воду природним шляхом. Через цвітіння водойм і гниття в них органічних речовин в воду виділяються пахучі сполуки (наприклад, сірководень), до того ж, у воді містяться хлорфеноли, що додають їй поганий запах і сприяє тому, що вона стає непридатною до вживання. Отже, **запах** викликають леткі пахучі речовини. Запах води характеризується видами запаху (табл. 7) та інтенсивністю запаху (табл. 8). На запах води впливає вміст розчинених речовин, температура, значення рН і деякі інші фактори.

За походженням запахів їх розділяють на дві групи:

- 1) запахи природного походження, причиною яких є живі і відмерлі у воді організми, загниваючі рослинні залишки, специфічні сполуки, що виділяються деякими водоростями і мікроорганізмами (табл. 7);
- 2) запахи штучного походження, обумовлені деякими домішками промислових стічних вод (фенольний, хлорфенольний, камфорний, бензинний, хлорний тощо).

Основними причинами виникнення запаху і смаку у воді є:

1. Гниючі рослини (водорості та водні рослини) можуть надавати воді рибний, трав'яний, гнильний запах.
2. Грибки і пліснява викликають виникнення цвілого, землистого або затхлого запаху і присмаку. Тенденція до розмноження цих мікроорганізмів виникає в місцях застою води і там, де вода може нагріватися (наприклад, в системах

водопостачання великих будинків з накопичувальними ємностями).

3. Залізисті і сірчисті бактерії виділяють продукти життєдіяльності, які при розкладанні створюють різкий неприємний запах.

Таблиця 7

Класифікація запахів природного походження

Позначення запаху	Характер запаху	Приблизний рід запаху
А	Ароматичний	Огірковий, квітковий
Б	Болотний	Мулистий, багnistий
Г	Гнильний	Фекальний
Д	Деревинний	Запах мокрої тріски, деревинної кори
З	Землистий	Прілий, запах свіжозораної землі, глинистий
П	Пліснявий	Затхлий, застійний
Р	Рибний	Запах риб'ячого жиру, риби
С	Сірководневий	Запах протухлих яєць
Т	Трав'янистий	Запах скошеної трави, сіна
Н	Невизначений	Запахи природного походження, які не підходять під попередні визначення

4. Продукти корозії Феруму, Мангану, Купруму та Цинку надають воді характерний різкий присмак.

5. Натрій хлорид у невеликих концентраціях надає воді певний смак, які багато людей вважають звичайним. Однак зі зростанням концентрації NaCl виникає солонуватий, а потім і різко солоний смак.

6. Промислові відходи, що містяться в стічних водах промислового виробництва, можуть викликати сильний лікарський або хімічний запах води. Зокрема, проблемою є фенольні сполуки, які під час хлорування води перетворюються на хлорфенольні сполуки з характерним запахом.

7. Хлорування води. Всупереч широко поширеній думці, сам хлор при правильному використанні не викликає виникнення

помітного запаху або присмаку. Поява ж такого запаху/присмаку свідчить про передозування під час хлорування. У той же час, хлор здатний вступати в хімічні реакції з різними розчиненими у воді речовинами, утворюючи при цьому сполуки, які і надають воді запах і присмак "хлорки".

Смак води визначається розчиненими в ній речовинами органічного та неорганічного походження і розрізняється за характером і інтенсивністю. Розрізняють чотири основних види смаку: солоний, кислий, солодкий, гіркий. Всі інші різновиди смакових відчуттів називаються присмаками (лужний, металевий, терпкий і т. п.). Якісну характеристику присмаків виражають описово: хлорний, рибний тощо. Солоний смак води в більшості випадків обумовлений розчиненим в ній Натрій хлоридом, гіркий – Магній сульфатом, кислий – надлишком розчиненої карбонатної кислоти. Чорнильний і залізистий присмаки надають воді розчинені в ній солі Феруму і Мангану, лужний – сода і луги, в'язучий – Кальцій сульфат. Погіршення смакових якостей води можуть викликати також присутні в ній органічні речовини.

Найчастіше питна вода не має смаку. Води підземних джерел можуть мати солонкуватий або гірко-солонкуватий смак завдяки підвищеному вмісту солей. Поріг смакового сприйняття сольових добавок у воді різний. Так, наприклад, для NaCl – це 165 мг/дм^3 , CaCl_2 – 470 мг/дм^3 ; MgSO_4 – 250 мг/дм^3 ; FeSO_4 – $1,6 \text{ мг/дм}^3$. Хлорфенол відчувається на смак при вмісті $4 \cdot 10^{-6} \text{ мг/дм}^3$, що відповідає одній молекулі на 10^{12} молекул води. За силою впливу на органи смаку знайдено наступні ряди:

катіони: $\text{NH}_4^+ > \text{Na}^+ > \text{K}^+; \text{Fe}^{2+} > \text{Mn}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{Ca}^{2+};$

аніони: $\text{OH}^- > \text{NO}_3^- > \text{Cl}^- > \text{HCO}_3^- > \text{SO}_4^{2-}.$

3.2. Методи визначення запаху і смаку води. Одиниці вимірювання запаху і смаку

Інтенсивність запаху води визначають органолептичним шляхом при 20°C і 60°C і виражають в балах (табл. 8).

Визначення інтенсивності запаху води

Інтенсивність запаху, бал	Характеристика	Описові визначення
0	Запаху немає	Відсутність відчутного запаху
1	Дуже слабкий	Запах, який не помічається споживачем, але виявляється досвідченим дослідником
2	Слабкий	Запах, який не привертає уваги споживача, але виявляється ним, якщо звернути увагу на нього
3	Помітний	Запах, який легко виявляється і може дати привід відноситися до води з незадоволенням
4	Виразний	Запах, який звертає на себе увагу і вода стає неприємною для споживання
5	Дуже сильний	Запах сильний настільки, що робить воду непридатною для споживання

Інтенсивність запаху кількісно може виражатися також пороговою концентрацією при розбавленні водою, яка не має запаху (вода, попередньо пропущена через колонку з активованим вугіллям). В цьому випадку інтенсивність запаху виражають в одиницях TON (*Threshold Odor Number*):

$$TON = (A + B) / B,$$

де A – об'єм води, що має запах; B – об'єм води, вільної від запаху.

Інтенсивність смаку і присмаку визначають органолептичним методом при 20 °С і оцінюють за п'ятибальною шкалою (табл. 8). Воду джерел, сумнівних в санітарному відношенні, перед випробовуванням необхідно прокип'ятити.

Визначення речовин, які обумовлюють запахи і смаки природних вод, можливо здійснювати інструментальними методами. Зокрема, запахи води можна визначати методами газорідної хроматографії, інфрачервоної спектроскопії, ядерно-магнітного резонансу, ультрафіолетової спектроскопії. Наприклад, в екстракті культур синьо-зелених водоростей знайдено до 50 видів різноманітних сполук, з них легколетючими є три речовини. З

актиноміцетів вилучено та ідентифіковано індивідуальні речовини, які надають воді землистий запах (геосмін) і затхлий запах (муцилон).

3.3. Нормування показників запаху і смаку питної води

В табл. 9 наведено нормативи запаху і смаку води в різних країнах. Аналіз наведених даних свідчить про те, що Українське законодавство встановлює найжорсткіші нормативи цих показників.

Таблиця 9

Нормативи запаху та смаку води

Країна / нормативний документ	Норматив запаху (60 °С), бал	Норматив смаку (20 °С), бал
Україна, ДСанПін 2.2.4-171-10	2	2
ВООЗ	Не нормується	
США, US EPA	3 TON	–
ЄС, Директива 98/83/ЄС	Прийнятний для споживачів без аномальних змін	

4. ГУСТИНА ТА ПИТОМА ЕЛЕКТРИЧНА ПРОВІДНІСТЬ ВОДИ

Густина води – важливий показник її якості. Густина природних вод – це фактор, який визначає умови пересування водних організмів на різних глибинах і залежить від температури, тиску та вмісту розчинених та тонкодиспергованих завислих речовин. Максимальне значення густини дистильованої води при атмосферному тиску (1000 кг/м³) має місце при 3,98 °С. Густина води збільшується при зростанні концентрації розчинених речовин, зокрема солоності. Так, густина морської води коливається в межах від 1020 до 1033 кг/м³. Наприклад, при температурі 25 °С та солоності 35% густина морської води складає 1024,12 кг/м³ порівняно з 997,1 кг/м³ для чистої води. Відомо, що на кожні 10 м глибини водойми тиск зростає на 100 кПа (1 атм). Це зумовлює залежність густини води від тиску. На кожні 1000 м глибини морів

та океанів внаслідок впливу стовпа води густина води збільшується на 4,5-4,9 кг/м³. На максимальних океанських глибинах (близько 11 км) густина води складає 1076 кг/м³ при солоності 35%. При дуже великому вмісті тонкодисперсних завислих речовин (до 220 кг/м³) річкові каламутні води (наприклад, річка Хуанхе, яка впадає в затоку Жовтого моря) мають густину на 2-2,5 кг/м³ більшу за морські води.

Густина води змінюється і потребує вимірювання, коли виникає змішування вод з різними концентраціями розчинених речовин, і коли це може впливати на режим течії і витрати реагентів на обладнаннях очищення стічних вод.

Густину води визначають експериментально за допомогою спеціального пристрою – ареометра або ваговим (пікнометричним) методом. У нормативних документах України та інших країн чисельне значення густини води не нормується.

Електрична провідність – це кількісний вираз здатності водних розчинів, зокрема, природних і стічних вод, проводити електричний струм. На практиці використовується поняття питомої електричної провідності, яка позначається буквою κ (каппа) і вимірюється в См/м (S/m) – Сіменс на метр, мСм/м – міліСіменс на метр, мкСм/м – мікроСіменс на метр (СІ), Ом⁻¹/см (СГСЕ). Питома електрична провідність залежить від природи і концентрації розчинених в них електролітів, температури та інших факторів. Вона є інструментально вимірюваною характеристикою, яка пов'язана з мінералізацією (солевмістом) води. Природні води є складними системами, що містять, зокрема, розчини сумішей сильних і слабких електролітів. Мінеральну частину води складають переважно іони Na⁺, K⁺, Ca²⁺, Cl⁻, SO₄²⁻, HCO₃⁻. Саме цими іонами і зумовлюється електрична провідність природних вод. Питома електрична провідність води у відкритому водоймищі складає від 300 до 1200 мкСм/см. Якщо питома електрична провідність нижча за вказаний рівень, спостерігається нестача іонів, що, у свою чергу, призводить до низького опору зовнішнім факторам і коливанням рівня рН води.

В табл. 9 наведено приклади питомої електричної провідності деяких видів вод при певній мінералізації.

Таблиця 9

Питома електрична провідність (\varkappa) зразків води при 20 °С

Зразок води	\varkappa , мкСм/см	Загальна мінералізація, г/дм ³
«Поляна квасова»	12300	6,5 – 12,0
«Моршинська»	576	0,1 – 0,4
Водопровідна вода м. Одеси	500	0,35
Водопровідна вода м. Одеси (виморожена)	220	0,15
Дистильована вода	< 5	–
Атмосферні опади	6 – 30	Немає даних
Морська вода	154500 – 540000	100 – 400

Величина питомої електричної провідності залишається сталою в межах допустимої похибки (10%) за наявності у воді різних за природою органічних сполук (до 150 мг/дм³) та завислих речовин (до 500 мг/дм³).

Для наближеної оцінки солемісту води (TDS – *Total Dissolved Solids*) слід перевести питому електричну провідність (мкСм/см) у TDS (мг/дм³):

$$TDS = \varkappa \cdot K,$$

де K – коефіцієнт перерахунку (за KCl, NaCl або «442»).

Коефіцієнт перерахунку за KCl (ця речовина є міжнародним стандартом для калібрування кондуктометрів) лежить в межах 0,50 – 0,57, за NaCl – в межах 0,47 – 0,50. Коефіцієнт перерахунку «442» розроблений компанією *Myron L Company* шляхом імітації властивостей природної води, що містить 40% NaHCO₃, 40% Na₂SO₄ та 20% NaCl. Коефіцієнт перерахунку «442» лежить в межах 0,65 – 0,85. Вибір речовини для коефіцієнта перерахунку залежить від складу досліджуваної води.

Питома електрична провідність вимірюється за допомогою спеціального приладу – **кондуктометра** (рис. 7). Через зразок води, залитий у кондуктометричну комірку, яка містить платинові чи сталеві електроди, пропускають змінний електричний струм частотою від 50 Гц (якщо вода є маломінералізованою) до 2000 Гц (якщо досліджувана вода солоня).



**Рис. 7. Зовнішній вигляд кондуктометра
«Еконікс Експерт-002»**

Значення питомої електричної провідності при температурі досліду виводиться на дисплей кондуктометра. Для вимірювання питомої електричної провідності води можуть бути використані будь-які кондуктометри з діапазоном від 1 мкСм/см до 100 мСм/см.

Вимірювання електропровідності зазвичай проводять при температурі 20 °С. При підвищенні температури на 10 °С величина питомої електричної провідності збільшується приблизно на 2%.

Згідно з Директивою ЄС 98/83/ЄС питома електрична провідність питної води не має перевищувати 2500 мкСм/см при 20 °С, а згідно з нормативами ВООЗ – 500-1500 мкСм/см. В Україні та США питома електрична провідність води не нормується; вважають що її величина 2000 мкСм/см приблизно відповідає загальній мінералізації в 1000 мг/дм³.

Е К С П Е Р И М Е Н Т А Л Ь Н А Ч А С Т И Н А

Мета роботи: Визначення органолептичних (мутність, концентрація суспендованих речовин, кольоровість, запах, смак) і фізичних (густина, електрична провідність) показників природної води.

Досліджувані речовини: Природна вода. Дистильована вода.

Обладнання: Аналітичні терези. Кондуктометр «Еконікс Експерт-002», Фотоелектроколориметр КФК-2. Нефелометр НФМ. Електрична плитка. Термометр. Пікнометр. Кювети. Широкогорла колба. Годинникове скло. Фільтр Шотта № 4. Гумова груша. Фільтрувальний папір.

Хід роботи. Робота виконується за завданням викладача за одним із варіантів, наведених нижче:

№ варіанту	Досліджувана вода
1	Водопровідна вода
2	Морська вода
3	Річкова вода
4	Лиманна вода
5	Прудова вода

1. Визначення мутності води і концентрації завислих речовин

Для визначення мутності досліджуваної води турбідиметричним методом досліджувану воду збовтують, наливають у кювету з товщиною $l = 5$ см і вимірюють оптичну густину (A) досліджуваної води на фотоелектроколориметрі при довжині хвилі $\lambda = 670$ нм відносно дистильованої води. Мутність води τ (турбідиметр.), m^{-1} , розраховують за формулою:

$$\tau(\text{турбідиметр.}) = \frac{2,3 \cdot A}{l}, \quad (6)$$

де τ (турбідиметр.) – мутність води, m^{-1} ; A – оптична густина проби; l – товщина кювети, м.

Концентрацію (C , mg/dm^3) завислих речовин у пробі, яку аналізують, знаходять за допомогою градуовального графіка

$\tau(\text{турбідиметр.})=f(C)$, який побудовано з використанням каоліну як стандарту та програми MS Excel. Градувальний графік $\tau(\text{турбідиметр.}) = f(C)$ являє собою пряму лінію, яка описується рівнянням:

$$\tau(\text{турбідиметр.}) = 0,061C + 0,506 . \quad (7)$$

Одержаний результат переводять у FTU, враховуючи, що 1 FTU = 0,58 мг/дм³ (для каоліну).

Для визначення мутності досліджуваної води нефелометричним методом досліджувану воду збовтують, наливають у кювету нефелометру та обертанням **лівого** барабану нефелометру досягають однакової забарвленості обох половин поля зору нефелометра. Мутність досліджуваної води розраховують за формулою:

$$\tau(\text{нефелометр.}) = \tau_e \cdot \frac{10000}{h_e h_x} , \quad (8)$$

де h_x – відлік за лівим барабаном; τ_e – мутність еталонної призми ($\tau_e = 0,45 \text{ м}^{-1}$); h_e – відлік у випадку розміщення у світлову камеру нефелометру еталонної призми мутності ($h_e = 6$).

Концентрацію (C , мг/дм³) завислих речовин у пробі, яку аналізують, знаходять за допомогою градувального графіка $\tau(\text{нефелометр.})=f(C)$, який побудовано з використанням каоліну як стандарту та програми MS Excel. Градувальний графік $\tau(\text{нефелометр.}) = f(C)$ являє собою пряму лінію, яка описується рівнянням:

$$\tau(\text{нефелометр.}) = 0,127C + 16,74 . \quad (9)$$

Одержаний результат переводять у NTU, враховуючи, що 1 NTU = 1 мг/дм³ (для каоліну).

2. Визначення кольоровості води

Кольоровість визначають фотометричним методом за допомогою біхромат-кобальтової шкали.

Проби води, які досліджують на кольоровість, перед дослідом відфільтровують через фільтр Шотта № 4 (для усунення частинок, які зумовлюють мутність води). Після цього фільтрат наливають в

кювету товщиною $l = 5$ см і вимірюють оптичну густину (A) відносно дистильованої води за допомогою фотоелектроколориметра при довжині хвилі $\lambda = 400$ нм.

Значення кольоровості води визначають за допомогою градуовального графіка $A=f(\text{градус Cr-Co шкали})$, який побудовано з використанням розчинів №1 (1 дм³ розчину містить 0,0875 г $K_2Cr_2O_7$, 2,0 г $CoSO_4 \cdot 7H_2O$ та 1 см³ концентрованої H_2SO_4) і №2 (1 дм³ розчину містить 1 см³ концентрованої H_2SO_4) та програми MS Excel. Для побудови градуовального графіка змішують розчини №1 і №2 у співвідношенні (табл. 10), яке відповідає певному значенню градусів за хром-кобальтовою шкалою і вимірюють оптичну густину кожного розчину в кюветах з товщиною 5 см при довжині хвилі 400 нм відносно дистильованої води.

Таблиця 10

Шкала стандартних розчинів для побудови градуовального графіка

Об'єм розчину, см ³	№1	0	1	2	4	6	8	10	12	14	16
	№2	100	99	98	96	94	92	90	88	86	84
Градус Cr-Co шкали кольоровості		0	5	10	20	30	40	50	60	70	80

Градуовальний графік $A = f(\text{градус Cr-Co шкали})$ являє собою пряму лінію, яка описується рівнянням:

$$A=0,016x - 0,0051 \quad , \quad (10)$$

де x – градус Cr-Co шкали.

3. Визначення запаху і смаку води

Для визначення запаху досліджуваної води широкогорлу колбу (місткістю 250 см³) заповнюють водою на 2/3, накривають годинниковим склом і струшують обертальними рухами. Після цього знімають годинникове скло і втягують носом повітря з колби. Дослід проводять при двох температурах: 20 °С і 60 °С. Оцінку результатів при визначенні запахів природного походження проводять якісно (табл. 7) та кількісно (табл. 8). Результати визначення запаху води представляють так: РЗ (рибний запах

інтенсивністю 3 бали), А2 (ароматичний запах інтенсивністю 2 бали) тощо.

Смак визначають лише для природної води. При визначенні смаку і присмаку питної води 15-20 см³ її тримають декілька секунд у роті, не ковтаючи. Смак води, як і запах, характеризують якісно і кількісно. Інтенсивність смаку вимірюють за п'ятибальною шкалою (табл. 8).

4. Визначення густини води

Густину води визначають ваговим (пікнометричним) методом.

Зважують чистий сухий пікнометр на аналітичних терезах з точністю до 0,0001 г. Потім пікнометр заповнюють дистильованою водою до мітки, висушують його зовнішню поверхню фільтрувальним папером і зважують на аналітичних терезах. Після цього виливають дистильовану воду, заповнюють пікнометр досліджуваною водою і знову зважують на аналітичних терезах. Густину досліджуваної води ρ (кг/м³) розраховують за формулою:

$$\rho = \rho_{H_2O} \cdot \frac{m_2 - m_0}{m_1 - m_0}, \quad (12)$$

де m_0 – маса порожнього пікнометра, г; m_1 – маса пікнометра з дистильованою водою, г; m_2 – маса пікнометра з досліджуваною водою, г; ρ_{H_2O} – густина дистильованої води, кг/м³ (табл. 11).

Таблиця 11

Густина дистильованої води

$t, ^\circ\text{C}$	10	15	18	20	22	25	28	30
$\rho_{H_2O},$ кг/м ³	999,73	999,13	998,62	998,23	997,80	997,07	996,26	995,67

5. Визначення питомої електричної провідності води

Питому електричну провідність досліджуваної води вимірюють за допомогою кондуктометра. Для цього комірку кондуктометра заповнюють досліджуваною водою, записують дані приладу (мСм/см або мкСм/см), переводять одержані результати в См/м.

6. Оформлення результатів

Результати досліджень і розрахунків записують у таблицю:

Органолептичні та фізичні показники якості природної води

Природна вода _____

№	Показник якості води	Метод вимірювання	Чисельне значення	Одиниці вимірювання	Регламентоване значення	Висновок щодо придатності води
1.	Мутність води	Турбидиметричний		м ⁻¹		
				FTU		
		Нефелометричний		м ⁻¹		
				NTU		
2.	Концентрація суспендованих речовин	Турбидиметричний		мг/дм ³		
		Нефелометричний				
3.	Кольоровість води			град Cr-Co шкали		
4.	Запах води		(20 °С)	бал		
			(60 °С)	бал		
5.	Смак води			бал		
6.	Густина води			кг/м ³		
7.	Питома електрична провідність			См/м		

Після виконання досліджень і проведення розрахунків порівнюють одержані показники з регламентованими значеннями (ДСанПіН 2.2.4-171-10. «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною») і роблять обґрунтований висновок щодо якості досліджуваної води та її придатності до господарчо-питного споживання за органолептичними показниками.

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Які організації нормують показники якості питної води? Як називаються нормативні документи?
2. Які домішки, присутні у воді, зумовлюють її мутність?
3. Які фактори впливають на величину мутності води?
4. Як підвищена мутність води впливає на здоров'я людини?
5. Які методи визначення мутності води Ви знаєте? Порівняйте їх.
6. Які речовини можна використовувати в якості стандартів для визначення мутності води? Що таке первинний і вторинний стандарти?
7. Яка речовина є сучасним первинним стандартом для визначення мутності? Які її переваги порівняно з іншими речовинами?
8. Які Ви знаєте одиниці вимірювання мутності? Як вони пов'язані між собою?
9. Якими методами можна визначити прозорість води?
10. Як пов'язані прозорість і мутність води?
11. Наведіть нормативні показники мутності води.
12. Які речовини, присутні у воді, зумовлюють її кольоровість?
13. Які фактори впливають на кольоровість води?
14. Чим відрізняються істинна кольоровість води від уявної кольоровості?
15. Як впливає підвищена кольоровість води на здоров'я людини?
16. Які методи визначення кольоровості води Ви знаєте?
17. В яких одиницях вимірюється інтенсивність кольоровості води?
18. Наведіть нормативні показники кольоровості води в Україні, США, ЄС.
19. Яким речовинами, присутніми у природних водах, обумовлений їх запах і смак?
20. Які види запаху і смаку Ви знаєте?
21. Які фактори впливають на запах природних вод?
22. Якими методами можна визначити запах і смак природних вод?
23. В яких одиницях і за яких умов вимірюється інтенсивність запаху і смаку природних вод?
24. Які фактори впливають на густину води?

25. Які методи визначення густини води Ви знаєте?
26. Яка величина називається електричною провідністю води?
27. Наведіть одиниці вимірювання питомої електричної провідності.
28. Які речовини, присутні у воді, зумовлюють її електричну провідність?
29. Як пов'язані між собою величини питомої електричної провідності та солемісту води?

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Родионов А. И., Клушин В. Н., Торочешников Н. С. Техника защиты окружающей среды. – М. : Химия, 1989.
2. Таубе П. Р., Баранова А. Г. Практикум по химии воды. – М. : Высшая школа, 1971.
3. Кульский Л. А. Справочник по свойствам, методам анализа и очистке воды: в 2-х т. – К. : Наукова думка, 1991.
4. Guidelines for drinking-water quality: Geneva: World Health Organization; 2017.
5. US EPA. Drinking Water Contaminants – Standards and Regulations.
6. ДСанПіН 2.2.4-171-10. Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною.
7. ДСТУ 3351-74. Вода питьевая. Методы определения вкуса, запаха, цветности и мутности.
8. ДСТУ ISO 7027:2003. Визначання каламутності.
9. Фомин Г. С. Вода. Контроль химической, бактериальной и радиационной безопасности по международным стандартам. – М. : Протектор, 2000.
10. Вольф И. В., Синякова М. А. Химия окружающей среды. – СПб. : СПбГТУ РП, 2013.
11. Ложниченко О. В., Волкова И. В., Зайцев В. Ф. Экологическая химия. – М. : Академия, 2008.
12. Лейкин Ю. А. Основы экологического нормирования. – М. : РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2009.

Навчальне видання

Перлова Ольга Вікторівна
Перлова Наталія Олександрівна

ОРГАНОЛЕПТИЧНІ ПОКАЗНИКИ ЯКОСТІ ВОДИ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до лабораторних занять та самостійної роботи
з дисципліни "Хімія природних і стічних вод"
для студентів факультету хімії та фармації

За редакцією авторів

Підп. до друку 11.07.2019. Формат 60x84/16.
Ум.-друк. арк. 2,44. Тираж 30 пр.
Зам. № 1946.

Видавець і виготовлювач
Одеський національний університет
імені І. І. Мечникова
Україна, 65082, м. Одеса, вул. Єлісаветинська, 12
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 4215 від 22.11.2011 р.

Тел.: (048) 723 28 39. E-mail: druk@onu.edu.ua