

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЧЕРНІГІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»

ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ
для ЗВО спеціальності
181 - Харчові технології

Обговорено і рекомендовано
на засіданні кафедри
харчових технологій
Протокол №6
від 30.12.20

Чернігів НУЧП 2021

Охорона навколишнього середовища. Методичні вказівки до лабораторних робіт для ЗВО спеціальності 181 - Харчові технології / Укл.: Буяльська Н.П., Цибуля С.Д., Денисова Н.М. – Чернігів: НУЧП, 2021.– 96 с.

Укладачі: БУЯЛЬСЬКА НАТАЛІЯ ПАВЛІВНА, кандидат технічних наук,
доцент
ЦИБУЛЯ СЕРГІЙ ДМИТРОВИЧ, доктор технічних наук, професор
ДЕНИСОВА НАТАЛЯ МИКОЛАЇВНА, кандидат технічних наук,
доцент

Відповідальний за випуск: ХРЕБТАНЬ ОЛЕНА БОРИСІВНА, завідувач кафедри харчових технологій, кандидат технічних наук, доцент

Рецензент: Челябієва Вікторія Миколаївна, кандидат технічних наук, доцент кафедри харчових технологій Національного університету «Чернігівська політехніка»

Зміст	Стор.
Вступ	4
Лабораторна робота № 1. Визначення концентрації пилу в повітрі гравіметричним методом. Очищення повітря методом фільтрації.....	5
Лабораторна робота № 2. Визначення вмісту іонів купруму у стічних водах фотометричним методом.....	16
Лабораторна робота № 3 Визначення вмісту формальдегіду в стічній воді. Очищення стічних вод від органічних забруднювачів.....	25
Лабораторна робота № 4. Дослідження ефективності електрохімічного методу очищення стічних вод.....	32
Лабораторна робота № 5. Визначення жорсткості питної води. Іонообмінний метод очищення води.....	38
Лабораторна робота № 6. Визначення іонів амонію у поверхневих, підземних та зворотних водах.....	48
Лабораторна робота № 7. Визначення концентрації хлорид-іонів у ґрунті титриметричним методом.....	53
Рекомендована література	59
Додаток А – Гранично допустимі концентрації хімічних і біологічних речовин в атмосферному повітрі населених місць.....	60
Додаток Б – Санітарно-хімічні показники безпечності та якості питної води.....	92

Вступ

Глибоке порушення природної екологічної рівноваги та напружений стан взаємин між людиною та природою, що пов'язане з невідповідністю виробничих сил та виробничих відносин в людському суспільстві ресурсним можливостям біосфери, називається екологічною кризою. Кризи за своєю природою зворотні, тоді як перехід кризових явищ в екологічну катастрофу означає необоротний характер змін, що відбулися.

В наш час екологічна криза має якісно іншу природу порівняно з усіма попередніми кризами. Це перша криза, що охопила всю планету та цілком зумовлена не природними процесами, а технолого-виробничими причинами. Темпи зміни параметрів біосфери, причиною яких є ця екологічна криза, виявилися в сотні і тисячі разів більшими, ніж темпи її природної еволюції. Почалася загальна глобальна деградація природного середовища.

Екологічна криза торкнулася вже й навколоземних просторів. Одним із вражаючих наслідків антропогенного забруднення стало зменшення загального вмісту озону в атмосфері, перш за все в стратосфері.

До навколоземних екологічних проблем відноситься і проблема “парникового ефекту”, який пов'язується з накопиченням в атмосфері карбон (II) оксиду, метану, фреонів, озону, оксидів нітрогену тощо.

До глобальних екологічних проблем відноситься також забруднення океану і захоронення в ньому (дампінг) отруйних та радіоактивних речовин; кислотні опади; виснаження та забруднення поверхневих та підземних вод; радіоактивне забруднення; опустелювання; скорочення площі лісів; перенаселення Землі тощо.

Зрозуміти природу екологічної кризи в цілому і в окремих її проявах та зробити висновки з допущених прорахунків розвитку, скоригувати розвиток економіки, політики та культури — ось основні задачі, які мають вирішувати люди всієї планети. У протилежному випадку екологічна криза переросте в незворотну екологічну катастрофу з повним руйнуванням біосфери.

Метою вивчення дисципліни «Охорона навколишнього середовища» є формування у здобувачів вищої освіти (ЗВО) зі спеціальності «Харчові технології» прагнення до збереження навколишнього середовища; системи знань про основні закономірності взаємодії людини, суспільства і природи; особливості впливу антропогенних факторів на природне середовище; методи управління процесами природокористування; основні концепції захисту довкілля; основні напрями і методи знешкодження шкідливих викидів; утилізацію відходів в харчовій промисловості; методики розрахунків екологічного збитку за забруднення навколишнього середовища; ознайомлення з лабораторною технікою, яка застосовується для екологічних досліджень.

На лабораторних роботах з дисципліни «Охорона навколишнього середовища» здобувачі набувають компетентність проводити дослідження в умовах спеціалізованих лабораторій для вирішення прикладних задач.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1

Визначення концентрації пилу в повітрі гравіметричним методом. Очищення повітря методом фільтрації

1.1 Мета роботи: експериментально визначити рівень забрудненості повітря пилом ферум (III) оксиду та оцінити ефективність очищення повітря методом фільтрації.

1.2 Короткі теоретичні відомості

Атмосферне повітря є одним з основних життєво важливих елементів навколишнього природного середовища.

Серед промислових об'єктів основними забруднювачами атмосферного повітря є підприємства теплоенергетики (близько 29 % усіх шкідливих викидів у атмосферу). Загалом, на рахунок енергетичної, металургійної та вугільної промисловості можна віднести відповідно 33, 25 і 23 % усіх забруднюючих речовин, що викидаються в атмосферу, підприємств хімічної та нафтохімічної промисловості - 3 %.

Як зазначається в Законі України «Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 року», забруднення атмосферного повітря є однією з найгостріших екологічних проблем. На сьогодні рівень забруднення атмосферного повітря великих міст і промислових регіонів є високим, незважаючи на спад виробництва в Україні.

За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я, забруднення повітря є одним з основних факторів ризику для здоров'я, пов'язаних з навколишнім середовищем. Чим нижче рівні забруднення повітря, тим менше серцево-судинних і респіраторних захворювань як в тривалій, так і в короткостроковій перспективі.

Під забрудненням атмосферного повітря розуміють змінення його складу і властивостей в результаті надходження або утворення в ньому фізичних, біологічних факторів і (або) хімічних сполук, що можуть несприятливо впливати на здоров'я людини та стан навколишнього природного середовища.

Забруднюючою речовиною називають речовину хімічного або біологічного походження, що присутня або надходить в атмосферне повітря і може прямо або опосередковано справляти негативний вплив на здоров'я людини та стан навколишнього природного середовища.

Загальні об'єми промислових викидів в повітряний простір колосальні. Найбільш небезпечними забруднювачами атмосфери є кислотоутворюючі оксиди — оксиди нітрогену, сульфору, чадний газ, аміак, фтор, хлор, сполуки плумбуму та промисловий пил

Карбону оксид (CO) взаємодіє з гемоглобіном крові, з утворенням комплексної сполуки, яка нездатна переносити кисень до тканин, а також сприяє відкладенню ліпідів (жирових бляшок) на стінках коронарних судин.

Сульфору (IV) оксид (сірчистий газ (SO₂)) утворюється як побічний продукт при металургійному виробництві та спалюванні кам'яного вугілля або нафти, що мьстять домішки сульфору. Об'єми викидів сірчистого газу

залишаються великими в промислово розвинутих країнах, де введений жорсткий державний контроль та економічні санкції на наднормативні викиди оксидів сульфуру. SO₂ має подразнюючу дію.

В утворенні нітрогену оксидів (NO_x) велику роль відіграють теплові електростанції. На їхню долю припадає більше 50% викидів цих оксидів. Нітрогену (IV) оксид викликає набряк легень, порушення центральної нервової системи.

SO₂ та NO₂ сприяють фотохімічному смогу (розрізняють три види смогу: вологий – осінньо-зимовий, "Лондонський"; фотохімічний – літній, "Лос-Анджелеський"; крижаний – зимовий, "Гренландський"); обумовлюють "кислотні" дощі (по кислотності наближаються до кислотності помідорів, тоді як раніше ця величина відповідала кислотності картоплі). У результаті зменшується родючість ґрунтів, сповільнюється ріст рослин, накопичуються нітрати в ґрунті, підвищується агресивність повітряного середовища як корозійного агента. Збільшення забруднення атмосферного повітря в 1,5 рази скорочує термін служби устаткування, металоконструкцій.

Плюмбум (Pb) і його сполуки – пригнічують дію ферментів окислювально-відновних процесів, викликають злоякісні пухлини (канцерогени), мають мутагенну дію і негативно впливають на репродуктивну функцію людини. Pb відноситься до надзвичайно токсичних речовин, входить у так звану "велику трійку" – свинець, ртуть, кадмій.

Зміна хімічного складу повітря несприятливо впливає на більшість біосферних процесів. Забруднення повітря токсичними хімічними речовинами навіть при малій їхній концентрації веде до зниження неспецифічної стійкості організму та сприяє розвитку багатьох захворювань людини, несприятливо впливає на стан тварин та рослин.

Відповідно до закону «Про охорону атмосферного повітря» встановлюються такі нормативи в галузі охорони атмосферного повітря:

- нормативи екологічної безпеки атмосферного повітря;
- нормативи гранично допустимих викидів забруднюючих речовин стаціонарних джерел;
- нормативи гранично допустимого впливу фізичних та біологічних факторів стаціонарних джерел;
- нормативи вмісту забруднюючих речовин у відпрацьованих газах та впливу фізичних факторів пересувних джерел;
- технологічні нормативи допустимого викиду забруднюючих речовин.

Законодавством можуть встановлюватися й інші нормативи в галузі охорони атмосферного повітря.

Для оцінки стану забруднення атмосферного повітря встановлюються *нормативи екологічної безпеки атмосферного повітря* та нормативи гранично допустимих викидів в атмосферне повітря забруднюючих речовин, рівні шкідливого впливу фізичних та біологічних факторів у межах населених пунктів, у рекреаційних зонах, в інших місцях проживання, постійного чи тимчасового перебування людей, об'єктах навколишнього природного

середовища з метою забезпечення екологічної безпеки громадян і навколишнього природного середовища:

- нормативи якості атмосферного повітря;
- гранично допустимі рівні впливу акустичного, електромагнітного, іонізуючого та інших фізичних факторів і біологічного впливу на стан атмосферного повітря населених пунктів.

Для курортних, лікувально-оздоровчих, рекреаційних та інших окремих районів можуть встановлюватися більш суворі нормативи екологічної безпеки атмосферного повітря.

Нормативи гранично допустимих викидів забруднюючих речовин стаціонарних джерел, які містяться у складі пилогазоповітряних сумішей, що відводяться від окремих типів обладнання, споруд і надходять в атмосферне повітря від стаціонарних джерел, встановлюються з метою забезпечення дотримання нормативів екологічної безпеки атмосферного повітря з урахуванням економічної доцільності, рівня технологічних процесів, технічного стану обладнання, газоочисних установок.

Для діючих і тих, що проектуються, окремих типів обладнання і споруд залежно від часу розроблення та введення у дію, наявності наукових і технічних розробок, економічної доцільності встановлюються:

- норматив гранично допустимого викиду забруднюючої речовини стаціонарного джерела;
- технологічні нормативи допустимих викидів забруднюючих речовин або їх суміші, які визначаються у місці їх виходу з устаткування.

До *технологічних нормативів* допустимих викидів забруднюючих речовин належать:

- поточні технологічні нормативи - для діючих окремих типів обладнання, споруд на рівні підприємств з найкращою існуючою технологією виробництва аналогічних за потужністю технологічних процесів;

- перспективні технологічні нормативи - для нових і таких, що проектуються, будуються або модернізуються, окремих типів обладнання, споруд з урахуванням досягнень на рівні передових вітчизняних і світових технологій та обладнання.

Нормативи гранично допустимого впливу фізичних та біологічних факторів стаціонарних джерел встановлюються для кожного джерела по всіх створюваних ним видах фізичних і біологічних факторів на рівні, за якого фізичний та біологічний вплив усіх джерел у цьому районі, з урахуванням перспектив його розвитку, в період терміну дії встановленого нормативу не призведе до перевищення нормативів екологічної безпеки атмосферного повітря (за найбільш суворим нормативом).

Нормативи вмісту забруднюючих речовин у відпрацьованих газах та впливу фізичних факторів пересувних джерел розробляються з урахуванням сучасних технічних рішень щодо зменшення утворення забруднюючих речовин, зниження рівнів впливу фізичних факторів, очищення відпрацьованих газів та економічної доцільності.

Наказом Міністерства охорони здоров'я України № 52 від 14.01.2020 «Про затвердження гігієнічних регламентів допустимого вмісту хімічних і біологічних речовин в атмосферному повітрі населених місць» затверджені *гігієнічні регламенти* гранично допустимі концентрації хімічних і біологічних речовин в атмосферному повітрі населених місць (додаток А) та орієнтовно безпечні рівні впливу хімічних і біологічних речовин в атмосферному повітрі населених місць.

Суб'єкти моніторингу атмосферного повітря проводять аналіз і прогнозування стану атмосферного повітря та оцінювання його якості з дотриманням законодавства про охорону атмосферного повітря, єдиних методичних вимог у сфері державного моніторингу у галузі охорони атмосферного повітря, а також вимог Закону України “Про метрологію та метрологічну діяльність”, встановлюють пункти спостережень, ведуть спостереження за рівнями забруднювальних речовин та вмістом складових та/або показників атмосферних опадів, визначених постановою Кабінету міністрів України від 14 серпня 2019 р. № 827 «Деякі питання здійснення державного моніторингу в галузі охорони атмосферного повітря»:

1. Діоксид сірки
2. Діоксид азоту та оксиди азоту
3. Бензол
4. Оксид вуглецю
5. Свинець
6. Тверді частки (ТЧ10)-1
7. Тверді частки (ТЧ2,5)-2
8. Арсен
9. Кадмій
10. Ртуть
11. Нікель

12. Бенз(а)пірен. Для оцінки концентрації бенз(а)пірену на деяких пунктах спостережень, визначених у програмі державного моніторингу в галузі охорони атмосферного повітря для кожної зони та агломерації проводиться оцінювання щодо інших поліциклічних ароматичних вуглеводнів, перелік яких включає бенз(а)трацен, бензо(b)флуорантен, індено(1,2,3-cd)пірен, дибенз(a,h)антрацен.

13. Озон

Показники та складові атмосферних опадів:

1. Іони амонію
2. Гідрокарбонат-іони
3. Іони калію
4. Іони кальцію
5. Загальна кислотність
6. Іони магнію
7. Іони натрію
8. Нітрат-іони

9. Сульфат-іони

10. Хлорид-іони

11. рН

За рішенням місцевих органів виконавчої влади або органів місцевого самоврядування з урахуванням даних, одержаних у результаті здійснення заходів державного нагляду (контролю) та державного соціально-гігієнічного моніторингу, інформації з реєстру викидів та перенесення забруднювальних речовин, даних передбаченої законодавством звітності, а також даних та інформації щодо об'єктів, діяльність яких призводить або може призвести до погіршення стану атмосферного повітря, в окремих зонах та агломераціях можуть здійснюватися спостереження за рівнями забруднювальних речовин:

1. Аміак

2. Анілін

3. Водень хлористий

4. Водень ціаністий

5. Залізо та його сполуки (у перерахунку на залізо)

6. Кислота азотна

7. Кислота сірчана

8. Ксилол

9. Леткі органічні сполуки (1-бутен; 1-пентен; 1,2,3-триметилбензол; 1,2,4-триметилбензол; 1,3-бутадиєн; 1,3,5-триметилбензол; 2-пентен; ацетилен; бензол; етан; етилбензол; етилен; загальна кількість вуглеводнів, які не належать до гомологічного ряду метану; і-бутан; і-гексан; ізопрен; і-октан; і-пентан; м+п-ксилол; н-бутан; н-гексан; н-гептан; н-октан; н-пентан; о-ксилол; пропан; пропен; толуол; транс-2-бутен; формальдегід; цис-2-бутен

10. Марганець та його сполуки (у перерахунку на діоксид марганцю)

11. Мідь та її сполуки (у перерахунку на мідь)

12. Сажа

13. Сірководень

14. Сірковуглець

15. Фенол

16. Фтористий водень

17. Хлор

18. Хлоранілін

19. Хром та його сполуки (у перерахунку на хром)

20. Цинк та його сполуки (у перерахунку на цинк)

Підприємства, установи, організації, діяльність яких призводить або може призвести до погіршення стану атмосферного повітря, можуть встановлювати пункти спостережень та вести спостереження за рівнями забруднювальних речовин, визначених у наведених вище списках.

Суб'єкти моніторингу атмосферного повітря, що ведуть спостереження за рівнями забруднювальних речовин, здійснюють оцінювання якості атмосферного повітря, забезпечують доступ органів управління якістю атмосферного повітря та Міндовкілля до результатів здійснення моніторингу

атмосферного повітря, обмін результатами здійснення моніторингу атмосферного повітря на безоплатній основі, а також надання ретроспективних даних за результатами проведення моніторингу атмосферного повітря.

Суб'єкти моніторингу атмосферного повітря оприлюднюють з використанням інформаційно-аналітичної системи даних про якість атмосферного повітря:

- інформацію про концентрації в атмосферному повітрі діоксиду сірки, діоксиду азоту, твердих часток, озону і оксиду вуглецю - щодня, а за можливості - щогодини;
- аналітичні дані щодо стану та оцінки якості атмосферного повітря, прогнози стану атмосферного повітря і його змін - щодня;
- у разі перевищення інформаційного або будь-якого з порогів небезпеки, - про місцевість, в якій зафіксовано перевищення, час початку і тривалість перевищення, найвищу концентрацію за одну годину, найвищу середню концентрацію озону за вісім годин - в найкоротший строк з моменту отримання такої інформації;
- у випадку виявлення концентрацій ртуті в атмосферному повітрі - в найкоротший строк з моменту отримання такої інформації;
- інформацію про рівні в атмосферному повітрі свинцю і бензолу - щомісяця;
- інформацію про рівні в атмосферному повітрі миш'яку, кадмію, нікелю, бенз(а)пірену - щороку;
- інформацію про вплив рівнів забруднювальних речовин в атмосферному повітрі на життя та здоров'я населення, зокрема інформацію щодо впливу на здоров'я населення перевищень граничних величин, цільових показників, інформаційного порогу, порогів небезпеки і рекомендованої для населення поведінки.

Органи управління якістю атмосферного повітря та Міндовкілля забезпечують доступ до результатів моніторингу атмосферного повітря органам виконавчої влади, що здійснюють державний контроль у галузі охорони атмосферного повітря та контроль за дотриманням гігієнічних вимог до атмосферного повітря.

У Південному регіоні найбільша кількість викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря від стаціонарних джерел припадає на постачання електроенергії, газу, пари та кондиційованого повітря (41%) та на переробку промисловість (39%).

У Східному регіоні крім постачання електроенергії, газу, пари та кондиційованого повітря (38%), суттєву роль в забрудненні повітря відіграє – добувна промисловість (23%) і розроблення кар'єрів (23%).

У Центральному регіоні найбільша кількість викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря від стаціонарних джерел припадає на переробку промисловість (45%). Друге місце поділяють: постачання електроенергії, газу, пари та кондиційованого повітря (23%) і добувна промисловість і розроблення кар'єрів (23%).

У Північному регіоні половину викидів забруднюючих речовин (54%) в атмосферне повітря від стаціонарних джерел припадає на постачання електроенергії, газу, пари та кондиційованого повітря. Переробна промисловість є на другому місці (20%).

Найбільшим забруднювачем атмосферного повітря на Чернігівщині залишається КЕП «ЧернігівськаТЕЦ» ТОВ фірми «ТехНова», яке розташоване в м. Чернігів. Викиди в атмосферне повітря складають близько 34,5 % викидів області, 82,8 % викидів стаціонарних джерел підприємств м. Чернігів. Підприємством в атмосферне повітря викинуто за 2019 рік 9,488 тис. т забруднюючих речовин, з них: 2,219 тис. т сполук азоту, 4,823 тис. т діоксиду сірки, 0,141 тис. т оксиду вуглецю, 2,277 тис. т речовин у вигляді суспендованих твердих частинок.

Для оцінки забруднення атмосферного повітря ШР використовують три основні групи методів: лабораторні (аналітичні), експресні та автоматичні.

Вміст пилу в повітрі визначають прямим та непрямим способом, прямий спосіб використовує гравіметричний метод визначення завислих часток пилу в повітрі. При непрямих способах застосовують такі фізичні та фізико-хімічні методи, як хроматографія, радіоізотопні, оптичні (фотометрія, нефелометрія), електрохімічні методи (кулонометрія, кондуктометрія) тощо. Вони використовуються в системах автоматизованого спостереження і контролю. Для експресного аналізу газів застосовують універсальні газоаналізатори (УГ-2, ГХ-4 тощо).

З метою зменшення забруднення атмосферного повітря пилом та іншими шкідливими домішками на всіх промислових підприємствах існує певна система очищення від забруднювачів. Вибір методу очищення залежить від кількості відхідних газів та їхнього складу. В лабораторній роботі досліджується ефективність очищення повітря методом фільтрації.

У *фільтрах* газовий потік проходить крізь пористий матеріал різної щільності й товщини. Очищення від грубодисперсного пилу здійснюють у фільтрах, заповнених коксом, піском, гравієм, насадками різної природи й форми (наприклад, кільця Рашига). Для очищення від тонкодисперсного пилу використовують фільтрувальний матеріал: волокнистий та тканинний із природних (бавовна, льон), штучних (складні ефіри целюлози: віскоза, ацетатне волокно тощо) та синтетичних волокон, тканин (на основі полімерів полімеризаційного типу – ПВХ, ПЕ, оргскло (плексіглас), нітрон та поліконденсованих – лавсан тощо). Використовують також папір для очищення атмосферного повітря або газів з низьким вмістом пилу. В промислових умовах застосовують тканинні або рукавні фільтри. Вони мають форму барабана, тканинних мішків або кишень, що працюють паралельно, їх очищують струшуванням або продуванням повітря. Останнім часом як фільтрувальні тканини широко використовують синтетичні матеріали та скловолокно, що можуть витримувати температуру 150 - 250 °С, вони хімічно і механічно стійкіші і менш вологоємні порівняно з бавовною. Останні дозволяють очищати гази з температурою не вище за 100 °С. Головною

перевагою рукавних фільтрів є висока ефективність очищення, яка досягає 99 % для всіх розмірів частинок. Для тонкого очищення застосовують керамічні фільтри, фільтри з пластмас або скла. Ефективність пиловловлювання в них може досягати 99,99 %, а температура очищуваного газу – 500 °С.

1.3 Експериментальна частина

У роботі використовується гравіметричний метод визначення пилу в повітрі, забір повітря здійснюється за допомогою універсального повітрязабірника Хафізова марки УВХ-2а (рис. 1.1).

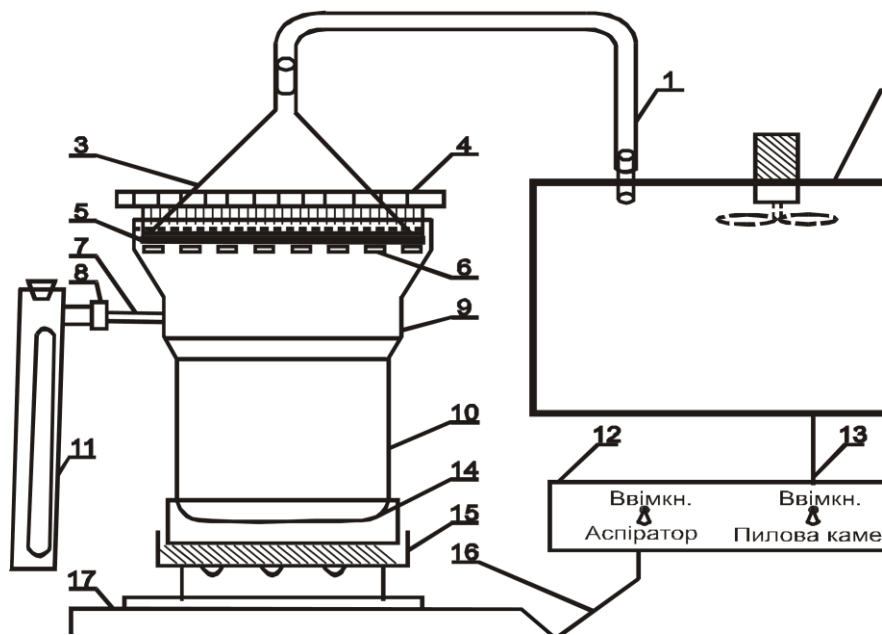


Рисунок 1.1 – Схема установки для визначення запиленості повітря гравіметричним методом:

1 – з'єднувальний шланг, 2 – пилова камера, 3 – фільтроутримувач, 4 – затискне кільце, 5 – фільтр з захисними кільцями, 6 – сітка, 7 – трубка для виміру розрядження, 8 – регулятор, 9 – корпус, 10 – вихідний патрубок, 11 – повітряний дифманометр з захисним кожухом, 12 – пульт керування, 13, 16 – з'єднувальні дроти, 14 – вхідний патрубок, 15 – регулююче кільце, 17 – аспіратор

УВХ-2а складається з аспілятора (власне повітрязабірника) з регулятором об'єму повітря, що просмоктується, за одиницю часу; пробовідбірника повітря (насадка з фільтром) з повітряним дифманометром. Розрідження, яке створюється при повністю закритому вхідному патрубку аспілятора, складає 7848 Па або 800 мм вод. ст. Витрата електроенергії – не більш 0.162 кВт/год. Продуктивність по повітрю – 150 л/хв (через один фільтр типу АФА-ВП-20 з одним шаром). Оптимальна об'ємна швидкість відбору проб повітря – 100...120 л/хв. Тривалість роботи аспіраторів з одним шаром фільтра – не більш

45 хв., із двома шарами фільтрів – не більш 30 хв. Інтервали між відборами проб з одним шаром фільтра не менш 10 хв, із двома шарами фільтрів – не менш 15 хв.

Допустимі навантаження для фільтрів по повітрю (газу), л/хв·см² :

для фільтрів АФА-РМП (РМА) - 20 - 35 (ФПП-15-1.5);

для фільтрів АФА-ВП (ХА, ХП)-20 - 30 (ФПП-15-1.5);

для фільтрів АФА-ВП-20 - 25 (НЭЛ-3).

Коефіцієнт проскакування частинок з діаметром 0.8 мкм і більше при максимальних показниках продуктивності для фільтрів із тканини НЭЛ-3 менше 1.2%, для фільтрів із тканини ФПП-15-1.5 - менше 0,9%.

Принцип роботи УВХ-2а заснований на пропусканні повітря через стандартні фільтри типу АФА з робочою площею 20 см² і осадженні на їхній поверхні зважених у повітрі частинок – дисперсної фази аерозолів. Принцип виміру об'єму повітря, що проходить за одиницю часу через насадку заснований на визначенні розрідження повітряним дифманометром у міліметрах повітряного стовпа, що створюється в корпусі насадки за допомогою аспіратора. Показники розрідження в міліметрах повітряного стовпа переведені на показники об'ємної швидкості відбору проб (л/хв) за допомогою стандартного метрологічного лічильника газу марки РГ-40 (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 – Калібрувальна таблиця показників продуктивності по повітрю, л/хв (фільтри АФА-20 насадки № 7 до УВХ-2а № 001; повітряний дифманометр – ВДМХ – модель 004, № 001)

Розрідження по дифманометру, мм. повітр. ст.	Насадка № 7 (однокамерна з воронкою)			
	АФА-ВП-20 Р 1.8-1.4	АФА-ХП-20 Р 1.8-1.4	АФА-ХА-20 Р 1.5-2.5	АФА-РМА-20 Р 2.0-6.0
42	---	---	---	120/110
40	---	---	220/200	110/100
38	300/232	248/190	200/172	100/90
36	276/210	236/170	180/150	90/80
34	240/176	196/152	160/140	80/70
32	210/158	172/140	140/120	70/62
30	184/136	146/126	120/110	60/56
28	161/128	130/110	110/100	50/48
26	156/120	116/96	100/90	45/42
24	132/114	106/90	90/80	40/38
22	122/102	98/80	80/70	35/34
20	108/88	86/74	70/60	32/30

Чисельник – об'єм повітря, л/хв, що проходить через фільтр без використання воронки, знаменник – з використанням воронки.

Порядок виконання роботи

Визначення концентрації ферум (III) оксиду в повітрі

1) Одержати контрольний фільтр (АФА-ВП-20), зважити його на аналітичних терезах з точністю до $10^{-4} \dots 10^{-5}$. Помістити зважений фільтр у захисне кільце.

2) Викрутити затискне кільце. Вийняти з корпусу насадки фільтроутримувач, вставити фільтр у корпус на опорну сітку і зафіксувати його за допомогою фільтроутримувача і затискного кільця.

3) Фільтроутримувач щільно вставити у вхідний патрубок аспілятора, потім перевірити розміщення повітряного дифманометра, щоб вісь останнього збігалася з віссю схилу.

4) Підготувати секундомір і перевести перемикач "Аспіратор" на щитку керування в положення "Включене".

5) Для створення пилового забруднення повітря включити вентилятор пилової камери тумблером "Пилова камера" на щитку керування. Через 5...10 с виключити тумблер "Пилова камера".

6) Одночасно включити секундомір і перемикач на аспіраторі "0". За допомогою регулювального кільця швидко встановлюють необхідне розрядження (поплавець дифманометра на необхідній позначці h_1).

7) Наприкінці відбору проби (через 1...2 хв.) перед відключенням аспілятора записати показник розрідження за повітряним дифманометром h_2 . Виключити перемикач "0" на аспіраторі і "аспіратор" на щитку керування.

8) За барометром і термометром визначити атмосферний тиск і температуру повітря.

9) Витягти фільтр з корпусу насадки, звільнити його з захисного кільця і зважити.

10) Визначення ефективності очищення атмосферного повітря за допомогою тканинних фільтрів: встановити перед контрольним фільтром фільтр очищення (за вказівкою викладача) та повторити пп. 2-9.

Обробка результатів експерименту

Визначають $\Delta h = h_2 - h_1$. За таблицею 1.1 знаходять початкову об'ємну швидкість відбору проби $L_{\text{п}}$ л/хв., для h_1 . Кінцева об'ємна швидкість відбору проби $L_{\text{к}} = L_{\text{п}} - (\Delta h * k)$, $K = 20$ (НЭЛ-3), $K = 16$ (ФПП-15-1.5). Середню об'ємну швидкість відбору проби $L_{\text{сер}}$ (л/хв.) визначають як середнє арифметичне:

$$L_{\text{сер}} = (L_{\text{п}} + L_{\text{к}}) / 2 \quad (1.1)$$

Якщо L визначалося не при 760 мм рт. ст. і 18°C (що відповідає показникам таблиці 1.1), то необхідно ввести поправку. Тоді дійсна витрата повітря, л/хв.:

$$L_{\text{г}} = L \sqrt{\frac{P_1 * (273 + t)}{P * (273 + t_1)}} \quad (1.2)$$

де P – атмосферний тиск, мм рт.ст.; L – швидкість відбору проби (л/хв), визначена по калібрувальній таблиці, при $P_1 = 750$ мм рт.ст. (99.97 кПа); $t_1 = 18^{\circ}\text{C}$.

Загальний обсяг повітря, що пройшло через один фільтр, л:

$$V=L_{\text{сер}}\tau \quad (1.3)$$

де τ – час експерименту, хв.

Якщо забруднення повітря незначне, то розрідження практично не змінюється, об'єм повітря, л:

$$V=L_{\text{п}}\tau \quad (1.4)$$

Розрахунок V_0 , л проводиться за формулою:

$$V_0=273 \cdot V \cdot P / [P_0(273+t)] \quad (1.5)$$

де V – об'єм повітря, л; P – атмосферний тиск, мм рт. ст.; P_0 – 760 мм рт. ст.; t – температура повітря, $^{\circ}\text{C}$.

Масова концентрація пилу в 1 м^3 повітря, $\text{мг}/\text{м}^3$:

$$C = [(m_2 - m_1) / V_0] \cdot 1000 \quad (1.6)$$

де m_1 і m_2 - маса фільтра відповідно після і до пропускання забрудненого повітря, мг.

Розрахунки повторити для досліду з використанням фільтра для очищення повітря.

Визначити ефективність очищення повітря (η) за формулою:

$$\eta = [(C_{\text{до}} - C_{\text{після}}) / C_{\text{до}}] \cdot 100\% \quad (1.7)$$

$C_{\text{до}}$, $C_{\text{після}}$ – концентрація пилу відповідно до та після очищення, $\text{мг}/\text{м}^3$.

1.4 Висновки: Визначили фактичну концентрацію пилу Fe_2O_3 в повітрі, яка складає $C_{\text{факт}} = \dots \text{мг}/\text{м}^3$, що значно (не) перевищує ГДК для зони населеного пункту ($\text{ГДК}_{\text{мр}} = \dots \text{мг}/\text{м}^3$, $\text{ГДК}_{\text{сд}} = \dots \text{мг}/\text{м}^3$ (див. додаток А). Застосували очищення повітря за допомогою фільтрації з використанням фільтра. Після очищення концентрація пилу складає $C_{\text{факт}} = \dots \text{мг}/\text{м}^3$. Ефективність очищення складає ...%.

Контрольні питання

1. Охарактеризуйте сучасний стан повітряного середовища. Назвіть основні джерела забруднення атмосфери.
2. Назвіть основні забруднювачі повітря. Охарактеризуйте їх небезпеку для людини та довкілля.
3. Які методи застосовуються для екомоніторингу повітряного басейну?
4. Як відбувається нормування шкідливих речовин, що надходять в атмосферу?
5. Як здійснюється контроль забруднювачів атмосферного повітря?
6. Який метод визначення концентрації забруднювачів Ви застосовували в лабораторній роботі?
7. Охарактеризуйте переваги та недоліки очищення повітря методом фільтрації.
8. Як оцінити ефективність очищення повітря?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2

Визначення вмісту іонів купруму у стічних водах фотометричним методом

2.1 Мета роботи: опанувати методику визначення вмісту іонів купруму у стічній воді фотоелектроколориметричним методом.

2.2 Короткі теоретичні відомості

Вода відкритих водойм, що використовується для господарсько-питного водопостачання, купання, спортивних занять, організованого відпочинку, з лікувальною метою, а також вода водойм у межах населених пунктів повинна відповідати санітарним нормам.

Підприємства, установи, організації, що використовують водойми для скидання стічних, дренажних, поливних та інших забруднених вод, повинні забезпечити якість води у місцях водокористування відповідно до вимог санітарних норм.

Вимоги до питної води регулюються Державними санітарними нормами та правилами (ДСанПіН 2.2.4-171-10) "Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною"- обов'язковий для виконання нормативно-правовий акт центрального органу виконавчої влади, що забезпечує формування державної політики у сфері охорони здоров'я. Національний стандарт ДСТУ 7525:2014 "Вода питна. Вимоги та методи контролювання якості" набрав чинності з 01 лютого 2015 року. Вимоги даного національного стандарту є добровільними для застосування і суб'єкт господарювання самостійно приймає рішення щодо застосування положень ДСТУ 7525:2014 "Вода питна. Вимоги та методи контролювання якості" у своїй сфері діяльності.

Скидання стічних вод у водні об'єкти допускається лише за умов наявності нормативів гранично допустимих концентрацій та встановлених нормативів гранично допустимого скидання забруднюючих речовин.

Гранично допустима концентрація (ГДК) речовини у воді - встановлений рівень концентрації речовини у воді, вище якого вода вважається непридатною для конкретних цілей водокористування.

Гранично допустимий скид (ГДС) речовини - маса речовини у зворотній воді, що є максимально допустимою для відведення за встановленим режимом даного пункту водного об'єкта за одиницю часу;

Сучасний рівень розвитку промисловості і техніки потребує використання методів аналізу, які дозволяють визначати мікрокількості (до 10^{-7} %) різних речовин. Широке використання отримали оптичні методи аналізу, засновані на взаємодії променевої енергії з речовиною, яка аналізується. За характером взаємодії променевої енергії і способу її зміни розрізняють :

- 1) абсорбційний аналіз, тобто аналіз поглинання світла речовиною, яка визначається у видимій, ультрафіолетовій та інфрачервоній областях спектру (спектрофотометрія, фотоколориметрія);

- 2) аналіз поглинання і розсіювання променевої енергії зваженими частинками речовини, яка визначається (турбідиметрія, нефелометрія);
- 3) флюорометричний (люмінесцентний) аналіз, заснований на вимірюванні вторинного випромінювання, яке виникає в результаті взаємодії променевої енергії з речовиною, яка визначається.

Найбільше розповсюдження набули абсорбційні методи аналізу і фотокolorиметричні. Турбідиметричні і нефелометричні методи використовуються значно менше, в тих випадках, коли для речовини, яка визначається не вдається підібрати ефективні фотометричні реагенти. Флюорометричний (люмінесцентний) аналіз також має обмежене застосування через те, що тільки невелика частина сполук має здатність до флуоресценції достатньої інтенсивності.

Фотометрія – один з основних методів визначення неорганічних забруднювачів стічної води. В фотометричних методах аналізу вимірюють поглинання світла речовиною, яку аналізують після введення в розчин реактиву, який реагує з компонентом, що визначається в стічній воді, з утворенням сполук з інтенсивним забарвленням.

Будь-яка речовина відбиває і поглинає електромагнітне випромінювання. Речовини, які поглинають промені довжиною хвиль від 400 до 760 нм (видиме світло), забарвлені.

Характер і величина поглинання і відбивання світла залежить від природи речовини і його концентрації в суміші.

Фотокolorиметрія – аналіз, заснований на вимірюванні поглинання видимого світла без попереднього виділення монохроматичного випромінювання (використовують біле світло, пропущене через світлофільтри). Світлофільтри пропускають промені тільки в конкретному проміжку довжин хвиль з шириною пропускання $\lambda_{1/2 \max} - \lambda'_{1/2 \max}$ і практично повністю поглинають промені інших довжин хвиль.

В основу аналізу покладено властивість забарвлених розчинів поглинати світло, яке проходить через речовину, з інтенсивністю I_0 . Після проходження через речовину інтенсивність світла зменшується до I .

Відповідно до основного закону світлопоглинання – закону Бугера–Ламберта–Бера, який покладений в основі більшості фотометричних методів аналізу), між поглинанням випромінювання розчином і концентрацією в ньому речовини, що аналізується (C) існує відношення :

$$I = I_0 \cdot 10^{-\varepsilon \cdot L \cdot C} \quad (2.1)$$

де C – концентрація речовини, яка поглинає світло, моль/л.

L – товщина шару розчину, що поглинає світло, см.

ε – молярний коефіцієнт світлопоглинання.

Для визначення суті величини ε приймають концентрацію розчину 1 моль/л і товщину шару 1 см. Тоді молярний коефіцієнт поглинання - оптична густина 1 моль розчину, поміщеного в кювету товщиною 1 см. Величина ε показує індивідуальні властивості речовини, змінюючись із зміною довжини хвилі потоку і температури розчину.

Поглинання випромінювання можливо характеризувати величиною оптичної густини D :

$$D = - \lg T \quad (2.2)$$

$$D = \lg \frac{I_0}{I} \quad (2.3)$$

Величина D може приймати будь-які позитивні значення (від 0 до ∞), проте сучасні пристрої дозволяють вимірювати величини оптичної густини, не більше 2. Якщо врахувати рівняння (2.1), отримуємо рівняння:

$$D = \varepsilon \cdot L \cdot C \quad (2.4)$$

з якого виходить, що оптична густина розчину прямо-пропорційна концентрації речовини в розчині. В цьому випадку графік залежності оптичної густини D від концентрації C є прямою лінією (рис. 2.1).

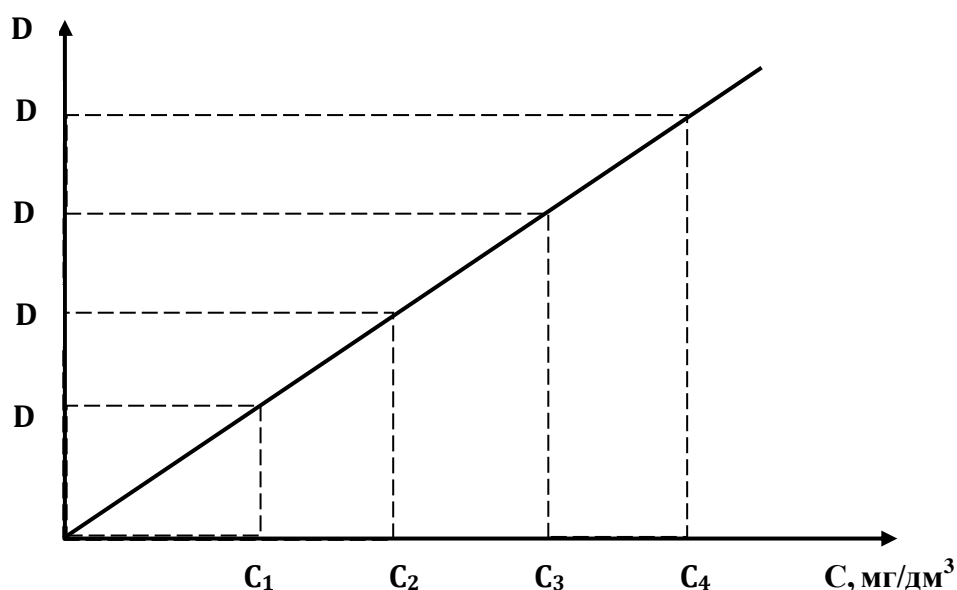


Рисунок 2.1– Залежність оптичної густини D від концентрації розчину C

Будь-яке фотометричне визначення виконується в три етапи :

1. Одержання забарвленого стану дослідженої сполуки за допомогою певної хімічної реакції.
2. Вимірювання світлопоглинання продукту реакції, наприклад, вимірювання оптичної густини.
3. Визначення кількості речовини, що аналізується за величиною оптичної густини.

Методи визначення концентрації розчину.

Існує декілька методів визначення концентрації речовини на основі вимірювання оптичної густини D :

1. *Метод розрахунку* оснований на використанні основного закону світлопоглинання.

При відомій товщині шару розчину L і коефіцієнта ε , концентрація розчину, що аналізується C_x розраховується після вимірювання оптичної густини за формулою:

$$C_x = D/(\varepsilon \cdot L) \quad (2.5)$$

Обмеження метода в тому, що не завжди відома величина молярного коефіцієнта поглинання ε .

2. *Метод стандарту* оснований на вимірюванні оптичної густини розчину, що аналізується та стандартного розчину:

$$D_x = \varepsilon \cdot L \cdot C_x \quad (2.6)$$

$$D_{ст} = \varepsilon \cdot L \cdot C_{ст} \quad (2.7)$$

Невідому концентрацію розчину розраховують за формулою:

$$C_x = \frac{C_{ст} \cdot D_x}{D_{ст}} \quad (2.8)$$

при постійних ε , L . Метод використовують при одиничному аналізі. Для зменшення похибки концентрації стандартного розчину підбирають так, щоб оптичні густини D_x і $D_{ст}$ відрізнялися як можливо менше.

3. *Метод градувального графіка* оснований на зміні оптичної густини деякої кількості стандартних розчинів відомих концентрацій $C_1, C_2, C_2 \dots C_n$ і побудові залежності $D = f(C)$.

При виконанні основного закону світлопоглинання, ця залежність виражається графічною прямою, яка виходить з початку координат. Концентрацію розчину знаходять за графіком (рис. 2.1), після вимірювання його оптичної густини D_x .

4. *Метод добавок.*

Оснований на порівнянні оптичних густин розчину невідомої концентрації і того ж розчину з добавками стандартного розчину відомої концентрації. Метод добавок являється різновидом метода порівняння. Застосовувати цей метод можливо тільки в тому випадку, коли концентрації розчинів не суперечать основному закону світлопоглинання.

5. *Диференційний метод* є різновидом методу градувального графіка і застосовується для визначення високих концентрацій ШР.

6. *Метод фотометричного титрування* оснований на визначенні точки еквівалентності за зміною оптичної густини в процесі титрування.

Фотометричні методи забезпечують високу точність і широко використовуються для визначення концентрації розчинів.

Небезпека забруднення навколишнього середовища іонами купруму

Основні джерела забруднення довкілля купрумом – підприємства кольорової металургії (їх промислові викиди, відходи, стічні води), транспорт, купрумовмісні пестициди і мікродобрива, підприємства гальванізації, вуглеводневі види палив у різних галузях промисловості. Річний обсяг техногенних надходжень купруму у навколишнє середовище складає: в атмосферу – 56 тис. т, з відходами – 77 тис. т і з добривами – 94 тис. т; в результаті роботи хімічних підприємств на поверхню землі щорічно надходить біля 155 тис. т. У кам'яному вугіллі міститься до 15 мг купруму на 1 кг. Внаслідок спалювання вугілля і нафти в атмосферу щорічно надходить біля 2100 т купруму. В Україні найбільше забруднені купрумом ґрунти м. Херсону, де максимальний вміст перевищує ГДК для ґрунту у 7,3 рази.

Сільськогосподарські угіддя забруднені промисловими токсикантами з вмістом купруму у Херсонській і Хмельницькій областях, де середнє перевищення фонового рівня у ґрунті становить 2,2 рази, у Миколаївській – 1,5 рази. Вплив купруму на довкілля проявляється в тому, що забруднений водорозчинними сполуками ґрунт втрачає чітку структуру, його загальна пористість зменшується, руйнування структури призводить до порушення водопроникності, погіршення водно-повітряного режиму ґрунтів. З різних джерел купрум може потрапляти у морські води. Наприклад, у Чорному морі концентрація купруму досягає 30,2 мкг/дм³, у поверхневому шарі вод Світового океану ця цифра досягає значення 235 мкг/ дм³. У воді сполуки купруму досить токсичні для всіх представників водної фауни і флори. Розчинні хлорид і нітрат купруму токсичні для риби у концентраціях 0,01 – 0,02 мг дм³/, тоді як сама мідь помірно токсична. У м'якій воді купрум виявляє більш токсичну дію, ніж у твердій. Високу токсичність у воді проявляє сульфат купруму, від малих концентрацій якого гинуть прісноводні поліпи, п'явки, сігові риби. Встановлена висока токсичність міді і сполук купруму для ґрунтової мікрофлори. Після обробки купрозаном або бордоською сумішшю значна кількість мікроорганізмів у ґрунті знижувалась на 21 – 72%, а у випадку спорозонних мікроорганізмів – на 23 – 92%. Сполуки купруму пригнічують діяльність нітрифікуючих бактерій. Підвищений вміст купруму у ґрунті зменшує врожай або висоту рослини (це було встановлено для вівса та конюшини), викликає загибель дощових черв'яків.

У харчові продукти надмірна кількість купруму може потрапляти з овочами і фруктами, які перед збиранням несвоєчасно обробляли отрутохімікатами з вмістом купруму, з мідного посуду, у якому зберігали продукти, із забрудненою купрумом водою. Біологічна роль купруму дуже важлива. Елемент входить у кров'яний пігмент нижчих тварин (гемоціанін), в гематокупреїн крові вищих тварин, а також у такі порфірини тваринного світу, як цитохром і турацин, входить до складу ензимів, приймає участь у ферментативних реакціях, процесах кровотворення, імунних процесах, обміні речовин. Наявність купруму в організмі створює можливість утворення речовин, необхідних для дихання клітин. Купрум – необхідний мікроелемент для людини, тому його оптимальні кількості потрібні у складі харчових продуктів. За звичайних умов людина одержує на добу переважно з їжею в середньому 2 – 5 мг купруму. Потреба в купрумi складає для дорослих за звичайних умов 1,5 – 3 мг, а при напруженій м'язовій роботі надходження купруму не може бути нижче 4 – 5 мг. Багато купруму містять пшениця (25 мг/кг) і овес (23 мг/кг), мало – редька (1 мг/кг), томати (2 мг/кг) і курячі яйця (2 мг/кг). Тіло дорослої людини масою 70 кг містить всього 50 – 120 мг купруму. У нерозведеній крові людини міститься 100 – 140 мкг % купруму, у плазмі – 60 – 150 мкг %, у формених елементах – 66 – 130 мкг %, у сечі – 0,016 – 0,033 мг/л. У нормі елемент розподіляється в організмі наступним чином (в м г % на сиру тканину): печінка – 0,3 – 1,3, мозок – 0,1 – 0,6, серце – 0,1 – 0,6, нирки – 0,17 – 0,3, селезінка – 0,26, кістки – 0,1 – 0,6, м'язи – 0,54: волосся чоловіків – 14,0±2,5

мкг/г, волосся жінок – $16,4 \pm 3,2$ мкг/г, у нігтях – 11 – 53 мкг/г, у шкірі – 65 мкг/100 мг, у жіночому молоці – 0,24 – 0,5 мкг/мл. Із загальної кількості купруму, яка надійшла в організм протягом доби, засвоюється біля 30 – 40%, решта переходить у сульфід і виводиться. Поглинений купрум всмоктується у шлунку і верхніх відділах тонкого кишечника протягом перших двох годин після надходження. У крові купрум транспортується альбуміном. Більша частина засвоєного купруму надходить у печінку, де зв'язується з церулоплазмином; у такому стані циркулює до 90 – 96% всього Купруму, який міститься у сироватці крові. Біля 80% абсорбованого Купруму виводиться через печінку з жовчю, 16% – через кишечник і біля 4% – через нирки. Період біологічного напіввиділення купруму з організму людини складає біля 4 тижнів.

Купрум – високотоксичний елемент, який може викликати як гострі, так і хронічні отруєння. Спектр токсичної дії купруму досить широкий з різноманітними клінічними проявами. Механізм токсичної дії купруму зводиться до блокування SH-груп білків, особливо ферментів. Купрум має здатність підвищувати проникність мембран мітохондрій і тому володіє високою гепатотоксичністю. При гострому отруєнні відбувається виражений гемоліз еритроцитів. Інтоксикації сполуками купруму можуть бути супутні аутоімунні реакції і порушення метаболізму моноамінів. При дослідженні гострого отруєння тварин виявлена токсична дія сполук купруму при введенні у шлунок, при інгаляційному надходженні та внутрішньочеревному введенні. Спостерігали гострі отруєння людей при протравлюванні зерна фунгіцидом, який містив карбонат і сульфат купруму (II) і до 0,005% Арсену, при обробці виноградників купромовмісними фунгіцидами (мідний купорос, бордоська суміш, гідрокосульфат і гідроксохлорид купруму (II)) за допомогою навісних обприскувачів при концентрації аерозоля у повітрі від 1 до 130 мг/м³. Внаслідок отруєння виникали характерні симптоми – напади кашлю, болі у животі, інколи носові кровотечі. Стан "міднопротравної лихоманки" триває зазвичай 3 – 4 дні. Звикання настає досить швидко. Характерною ознакою «міднопротравної лихоманки» у порівнянні з «ливарною» («цинковою») є ураження шлунково-кишкового тракту. Шлунково-кишкові розлади описані при дії бронзового пилу і вдиханні бризок розчину гідроксиду купруму (II). Описаний смертельний наслідок від вдихання дитиною порошку бронзи (70 % міді і 30 % цинку). Відомі важкі харчові отруєння людей купрумом з питною водою, лимонадом, аличовою пастилою. Інсектициди, які містять сполуки купруму, при надходженні у травний тракт у процесі обприскування викликають у першу чергу металевий присмак у роті, нудоту, болі у животі, пронос з домішками крові, при важких формах – ураження печінки, гемолітична анемія, гематурія, некротичний нефроз. Відомі смертельні випадки від отруєння розчином сульфату купруму (II).

Хронічний вплив міді і солей купруму викликає функціональні розлади нервової системи, печінки і нирок, утворення 30 виразок і перфорацію носової перегородки. Симптоми хронічного отруєння у зазначених випадках залежали

від специфіки виробництва. Вони проявлялись функціональними змінами ЦНС, ураженням периферійної системи, зниженням імунобіологічної реактивності, ураженням зубів і слизової рота, гастритами, виразковою хворобою (у робітників електролітичного рафінування міді); у вигляді ринітів, фарингітів, гастритів, зменшення ємності легень, порушення функції печінки і білірубінемії. Є чітка залежність концентрації купруму у волоссі робітників від стажу і характеру роботи. Сполуки купруму проявляють місцеву дію, подразнюючи шкіру, часто вони викликають алергічні дерматити (часом аж до некрозу) та екзему. Органи виконавчої влади, місцевого самоврядування зобов'язані забезпечити мешканців міст та інших населених пунктів питною водою, кількість та якість якої повинні відповідати вимогам санітарних норм. Виробничий контроль за якістю питної води в процесі її добування, обробки та у розподільних мережах здійснюють підприємства водопостачання.

2.3 Експериментальна частина

Реактиви та обладнання:

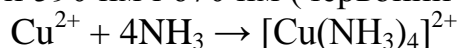
Стандартний розчин мідного купоросу (3.9063 г/ дм³ CuSO₄×5H₂O + 5 г/ дм³ H₂SO₄); аміак розбавлений (1:1).

Колби (100 мл); циліндри (25 мл); КФК-2.

Колонка з активованим вугіллям; стічна вода.

Хід аналізу.

У водних розчинах іони купруму утворюють з аміаком комплексні сполуки - аміакати синього кольору, які характеризуються наявністю двох максимумів поглинання – при 590 нм і 670 нм (червоний світлофільтр).



Побудова градууювального графіку:

1. відібрати (за вказівкою викладача) за даними табл. 2.1 в мірні колби на 100 мл відповідні об'єми стандартного розчину мідного купоросу, довести до мітки дистильованою водою приготувати за даними таблиці 2.1 розчини з різною концентрацією іонів купруму для побудови калібрувальної кривої.

Таблиця 2.1 – Дані для побудови градууювального графіку

№	C _{Cu2+} , мг/дм ³	V стандартного розчину CuSO ₄ · 5 H ₂ O, см ³	Оптична густина (D)
1	500	50	
2	250	25	
3	200	20	
4	100	10	
5	75	7,5	
6	50	5	
7	40	4	
8	25	2,5	
9	20	2	
10	10	1	

11	5	0,5	
12	2	0,2	
13	1	0,1	
14	0,5	0,05	

2. До 25 см³ кожного з розчинів додати 10 см³ аміаку і 15 см³ дистильованої води.

3. Виміряти оптичну густину при 590 нм:

Порядок виконання роботи на приборі ФЕК КФК-2

Підготовка до роботи

Увімкніть колориметр за 15 хвилин до початку вимірів. Під час прогріву кюветне відділення повинно бути відкрите.

Встановіть необхідну для вимірювання довжину хвилі.

Встановіть мінімальну чутливість колориметра. Для цього ручку “чутливість” установіть в положення “1”, ручку “установка 100 грубо” – в крайнє ліве положення.

Перед вимірами і переключенням фотоприймачів перевірте установку: стрілки колориметра на “0” за шкалою коефіцієнтів пропускання T при відкритому кюветному відділенні. При зміщенні стрілки від нульового положення, її встановлюють на «0» за допомогою потенціометра НУЛЬ, виведеного під шліц.

Вимірювання оптичної густини

1. Помістіть до світлового пучка кювету з розчинником або контрольним розчином, по відношенню до якого проводяться виміри.

2. Закрийте кришку кюветного відділення.

3. Ручками “Чутливість”, “Установка 100 «Грубо» і «Точно» установіть відлік 100 за шкалою колориметра.

4. Потім, поворотом ручки кювету з розчинником або контрольним розчином замініть кюветою з розчином, що досліджується.

5. Зніміть відлік за шкалою D в одиницях оптичної густини.

6. Вимір проведіть 3-5 разів і кінцевий результат вимірів величини визначте як середнє арифметичне з отриманих значень.

Очищення води і визначення ступеня очищення.

Пробу стічної води пропускають через колонку з активованим вугіллям чи катіонітом. Визначення іонів купруму проводять до і після очищення. Для визначення концентрації іонів купруму в мірну колбу ємністю 100 мл відбирають піпеткою 25 мл досліджуваної проби води, додають 10 мл розчину аміаку та 15 мл дистильованої води, ретельно перемішують. Вимірюють оптичну густину при $\lambda=590$ нм. За калібрувальним графіком знаходять концентрацію іонів купруму в стічній воді.

Ефективність очищення (η) визначають за формулою:

$$\eta = [(C_x - C_x')/C_x] \cdot 100, \% \quad (2.9)$$

де C_x – вміст іонів купруму у воді до очищення, мг/дм³

C_x' - вміст іонів купруму у воді після очищення, мг/дм³.

2.4 Висновок: Експериментально встановлена концентрація іонів купруму в воді: до очищення ... мг/дм³; після очищення – мг/дм³. Концентрація забруднювача знаходиться в допустимих (недопустимих) межах (див. додаток Б). Ступінь очищення води від Cu^{2+} складає.... % .

Контрольні питання

1. Вкажіть основні джерела антропогенного забруднення навколишнього середовища іонами купруму.
2. В чому небезпека сполук купруму для людини?
3. Охарактеризуйте оптичні методи визначення забруднювачів.
4. В чому суть фотоелектроколориметричного методу визначення забруднювачів?
5. Як відбувається нормування забруднення води?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 3

Визначення вмісту формальдегіду в стічній воді. Очищення стічних вод від органічних забруднювачів

3.1 Мета: визначити вміст формальдегіду у стічній воді до та після очищення методом адсорбції.

3.2 Короткі теоретичні відомості. Для дезінфекції обладнання харчової промисловості широко використовують формальдегід. Крім того, формальдегід широко застосовується у виробництві пластмас для товарів народного споживання (фенолформальдегідні, меламіноформальдегідні, сечовиноформальдегідні смоли, тощо), для синтезу багатьох лікарських препаратів та барвників, для дезінфекції приміщень, протравлювання зерна. Вміст формальдегіду у водопровідній воді не повинен перевищувати 0,05 мг/л.

Формальдегід (ФА) - газ без кольору, з різким запахом, добре розчинний у воді. 40% розчин формальдегіду називають формаліном. Формальдегід токсичний, викликає подразнення слизових оболонок, очей та дихальних шляхів. При тривалому зберіганні концентрованих розчинів формальдегіду випадає білий осад полімерів формальдегіду із загальною формулою $\text{HO}[-\text{CH}_2-\text{O}]_n\text{H}$. Полімер формальдегіду із $n = 8-100$ називається параформом. Із уротропіна та параформа виготовляють пресовані таблетки – сухий спирт.

Бактерицидні властивості формальдегіду вперше встановили в 1886 році О. Loew і Е. Fischer. Спочатку формальдегід і препарати на його основі застосовували з метою бальзамування та консервування. На багатьох підприємствах харчової промисловості для дезінфекції використовують формалін (40% розчин формальдегіду). Застосування його як засобу дезінфекції зросло на початку 1990-х років. Одним з найбільш популярних засобів дезінфекції на українських цукрових заводах був формалін. Це обумовлено високою бактерицидністю та низькою ціною формаліну порівняно з іншими дезінфікуючими препаратами.

Проте слід пам'ятати, що формальдегід – сильна отрута з подразнювальною дією, що вражає центральну нервову систему (ЦНС) і спричиняє дистрофічні зміни паренхіматозних органів. За ступенем токсичного впливу на організм людини і теплокровних тварин формалін належить до групи речовин 2 класу небезпеки (високонебезпечна речовина), що вимагає при його застосуванні дотримання суворих заходів безпеки.

В організмі людини і теплокровних тварин формальдегід окислюється з утворенням мурашиної кислоти і метилового спирту. При потрапленні розчину формальдегіду всередину організму спостерігаються симптоми хімічного опіку шлунково-кишкового тракту (блювота кров'ю), токсичний шок. При гострому інгаляційному отруєнні переважають явища ураження кон'юнктиви (сльозотеча, відчуття «різи» в очах) та слизових оболонок дихальних шляхів (першіння в горлі, нежить, чхання, кашель, задуха – аж до набряку легенів). При хронічних інгаляційних отруєннях внаслідок тривалого впливу низьких концентрацій

формаліну, як правило, з'являються риніти, фарингіти, емфізема легенів, хронічні бронхіти, ураження ЦНС різного ступеня (психічна збудливість, головні болі, порушення сну, розлад зору, атаксія). У важких випадках – дифузний токсичний пневмосклероз, ураження печінки (токсичний гепатит) і нирок (олігурія), а також різної важкості алергічні явища.

Формальдегід є типовим алергеном, проте сенсibiliзуючу дію він виявляє по-різному, залежно від режиму інгаляції. При тривалому впливі формаліну на шкіру спостерігали пригнічення секреції шкірних залоз, а в деяких випадках – дерматити, тобто «мокру екзему». Найчастіше на шкірі з'являється місцева еритема і інфільтрати в місцях аплікації, які можуть супроводжуватися утворенням наривів з поверхневим некрозом, або ж утворюються тверді вузликові потовщення, які надалі розтріскуються. Нігті під впливом розчинів формаліну стають коричневими, м'якими і волокнистими.

Формальдегід є в списку канцерогенних речовин. Небезпека ФА для людини підтверджена повідомленнями дослідників про випадки захворювання аденокарциномою порожнини носа. Працівники підприємств, які контактують з препаратом, скаржаться на симптоми подразнення шкіри і слизових оболонок, головні болі, зниження нюхання, важке й утруднене дихання.

Небезпечно те, що на підприємствах харчової промисловості формалін використовують не лише для дезінфекції поверхонь і обладнання. Він також є дезінфектантом на технологічних лініях, зокрема в цукрових виробництвах. Також відомі випадки, коли ця небезпечна речовина контактує з готовим продуктом. Наприклад, перед заморожуванням тушки курей обробляють розчином формальдегіду, який потім потрапляє в їжу людей. Враховуючи здатність формаліну накопичуватися в організмі людини, можна передбачити, яку загрозу він становить для здоров'я людини.

Максимально допустима концентрація формальдегіду в повітрі за даними Американської асоціації стандартів становить 10 частин на мільйон частин повітря або 0,012 мг/л при 25°C і нормальному атмосферному тиску. Зазначена концентрація вважається допустимою при тривалості впливу ФА не більше 8 годин на день. Також показано, що його найменша концентрація, яка визначається за запахом становить 0,00008 %, а концентрація, що викликає подразнення слизових оболонок очей і верхніх дихальних шляхів - 0,0005 %. Порогова доза ФА в США – становить 2,5 мг/м³. Проте, легку подразнювальну дію ФА на слизові оболонки очей і дихальних шляхів визначено в приміщеннях при концентрації від 0,001 до 0,0095 мг/л. Максимально допустимі рівні вмісту ФА у повітрі житлових приміщень, що прийняті і діють у різних країнах, відповідно складають: Німеччина, Нідерланди, Швеція - 0,12 мг/м³; Данія - 0,15 мг/м³. Гранично допустима концентрація ФА у повітрі робочої зони виробничих приміщень у колишньому СРСР становила 0,5 мг/м³.

Враховуючи те, що формалін внесений до списку канцерогенних речовин, відноситься до 2-ого класу небезпеки (високонебезпечна речовина), негативно впливає на дихальні шляхи, очі, шкірний покрив, а також є нейротропною

отрутою, на сьогодні ставиться питання про заборону його використання як засобу для дезінфекції, у тому числі, і на цукрових заводах.

Так, з урахуванням несприятливого впливу формаліну на організм з метою захисту життя і здоров'я людей, його використання в харчовій промисловості заборонено в США, Європі і Російській Федерації. Нині у світі інтенсивно шукають і розробляють дезінфекційні препарати нового покоління, які б повністю біодеградували, були безпечними для здоров'я людини і не забруднювали навколишнє середовище.

Для очистки стічних вод від органічних забруднювачів застосовують такі методи:

Адсорбція - вибіркоче поглинання речовини з газового чи рідкого середовища поверхневим шаром твердого тіла (адсорбенту). Обернений до адсорбції процес називається десорбцією. Найбільш ефективним адсорбентом є активоване вугілля різних марок. Активоване вугілля застосовують не тільки для очищення стічних вод, але й для розділення газових сумішей, в протигазах, як носій каталізаторів, в газовій хроматографії, для очищення цукрових соків в харчовій промисловості, в медицині.

Активоване вугілля є пористим матеріалом, пори якого за своїм розміром можуть бути розподілені на 4 види: мікропори розміром 10 – 20 нм, перехідні пори – 4 – 10 нм, супермікропори – 4 – 1.6 нм і мікропори – не більш 1.6 нм. Ефективність активованого вугілля зумовлюється наявністю в них мікропор, а також в певній мірі супермікропор. Характеристика різних марок активованого вугілля наведена у таблиці 3.1.

Відпрацьоване активоване вугілля регенерують відгонкою адсорбованих домішок парою, якщо вони використовуються, або деструктивною регенерацією, якщо адсорбовані домішки знешкоджуються.

Таблиця 3.1 – Характеристика деяких марок активованого вугілля

Марка	W_{Σ} , см ³ /г	W_{01} , см ³ /г	W_{02} , см ³ /г	$V_{01} \cdot 10^6$, град ⁻²	$V_{02} \cdot 10^6$, град ⁻²
АГ-3	0,891	0,3	–	0,7–0,8	–
БАУ	1,5	0,22	–	0,55	–
АР-№2	0,7	0,19	0,18	0,74	3,42
КАД йодний	1,0	0,23	0,13	0,7	3,1
КАД молотий	–	0,12	–	1,08	–
СКТ	0,98	0,5	–	0,83	–

Примітка. W_{01} – об'єм мікропор, W_{02} – об'єм макропор. Що стосується макропор та перехідних пор, то їх сорбційна активність виявляється тільки сорбцією речовини, поверхнею стінок та кількістю сорбованої на них речовини і є значно меншою, ніж в мікропорах. Тому макропори та перехідні пори є шляхами підводу сорбату до мікропор. Другою важливою величиною активованого вугілля є структурно-енергетична константа V , град⁻². Вона може приводитись для мікропор та супермікропор (V_{01} , V_{02}). Характеристиками активованого вугілля також є насипна маса, г/см³; механічна міцність, %; діаметр зерен, мм; ціна за 1 т, грн. тощо.

Застосування принципу завислого (киплячого) шару адсорбенту для сорбції забруднювальних органічних речовин дає змогу вирішити завдання безперервної заміни адсорбенту в установці (рис. 3.1), спрощує регенерацію відпрацьованого вугілля. Крім того, при цьому можна запобігти процесу замулювання шару адсорбенту і застосовувати дрібні фракції активованого вугілля (0,2 - 0,5 мм). Це дає змогу значно скоротити час досягнення адсорбційної рівноваги. Адсорбцію можна здійснювати як в одному адсорбері, так і в блоці з двох або трьох послідовно з'єднаних апаратів.

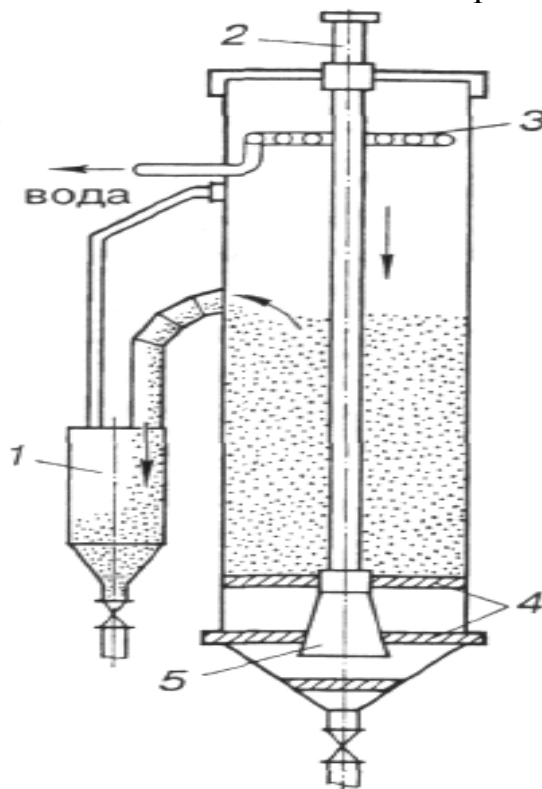


Рисунок 3.1 – Схема адсорбера із завислим (киплячим) шаром активованого вугілля: 1 - виносний ущільнювач вугілля; 2 - центральна труба для подавання води на очищення; 3 - кільцева труба для виведення забруднень; 4 - розподільні ґратки; 5 - дифузор

Видалення фенолів та інших органічних сполук із стічних вод здійснюють за допомогою *екстракції*. Екстракція ґрунтується на неоднаковому розподілі компонентів розчину між двома фазами, які не змішуються. Екстракцію проводять за допомогою органічної речовини — екстрагента (триетиламін, діетилметиламін, дипропіламін тощо).

Термічний метод полягає в спалюванні токсичних органічних речовин, що містяться в стічних водах. В результаті утворюються нетоксичні газоподібні продукти горіння й тверді речовини, які можна використовувати. Цей метод застосовується для знешкодження сульфатних лугів целюлозно-паперової промисловості, стоків анілінофарбової промисловості, у виробництві нітросполук. Стоки попередньо випарюють, а потім надходять у топку циклонного типу, де згорають у розпиленому вигляді.

Ефективним методом видалення органічних домішок з води є *біохімічний*. Методи біологічного очищення ґрунтуються на застосуванні мікроорганізмів. Розрізняють аеробний процес, який здійснюється за наявності кисню, і анаеробний – без доступу кисню. Анаеробне очищення застосовують як перший ступінь для підготовки до наступного аеробного очищення стічних вод з високою концентрацією органічних забруднень.

Біологічне аеробне очищення здійснюють *штучними методами*: у біофільтрах, аеротенках, окситенках та *природними методами*: на зрошувальних, фільтраційних полях та в біологічних ставках.

Біофільтри будують у вигляді залізобетонних резервуарів діаметром до 30 м і заввишки: низькі – 1,5–2 м, високі – 2–4 м і баштові – 10–20 м. На дно резервуара накладають щебінь, гальку, керамзит або ґратчасті блоки з пластмаси. На поверхню укладених матеріалів поселяють мікроорганізми, які живляться органічними домішками стічних вод. Мікроорганізми перетворюють органічні речовини на неорганічні (переважно на вуглекислий газ і воду або метан, аміак та ін.). Біофільтри доцільно застосовувати в районах з теплим кліматом для стічних вод з БПК не більш як 400 - 500 мг О₂/л.

Аеротенки являють собою відкриті резервуари завдовжки до 100 м і більше, завширшки до 10 м і глибиною до 5 м. В аеротенки постійно нагнітають повітря. Стічні води очищають методом “чистих культур” або за допомогою активного мулу. “Чиста культура” – це вирощені популяції мікроорганізмів, які живляться певними речовинами (наприклад, фенолом, роданідами і ціанідами з концентрацією до 100 мг/дм³ і більше). Активний мул - це різноманітні бактерії, одноклітинні організми (інфузорії, амеби тощо), які живляться органічними домішками стічних вод. У мулі залежно від виду виробництва розвиваються певні групи мікроорганізмів. Проте певна частина їх є спільною для всіх видів мулу: завжди присутні неспоронні бактерії роду *Pseudomonas*, *Sarcina*, а також інші бактерії. Для очищення стічних вод харчових виробництв використовують також різні водорості, нафтохімічної промисловості — мікроорганізми з роду нокардія і культури дріжджів. Приріст активного мулу періодично виводять з апарата і після знезаражувальної обробки його можна використовувати як добриво. В окситенках (закриті резервуари) активний мул продувається технічним киснем або повітрям. Ефективність очистки підвищується.

Поля зрошування, поля фільтрації та біологічні ставки належать до ґрунтових методів біологічного очищення. На полях зрошування одночасно з очищенням стічних вод вирощують різні культури рослин. Якщо на ділянках не вирощують рослини, а тільки очищають стічні води, їх називають полями фільтрації. Цей спосіб знайшов обмежене застосування, оскільки потребує рівні ділянки ґрунтів з доброю фільтрувальною здатністю.

Біологічні ставки це каскади 3 - 5 водойм глибиною 1 - 1,5 м. Оскільки процеси біологічного очищення відбуваються повільно, вода в ставках має перебувати не менш як 20 діб. Біологічні ставки частіше використовують після

попереднього очищення іншими методами, як буфер перед водоймою, в яку скидають очищену воду

3.3 Експериментальна частина

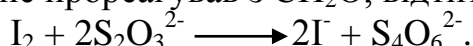
Кількісне визначення формальдегіду (CH₂O) титриметричним методом засноване на властивостях альдегідів окислюватися. Як окислювачі застосовуються йод, пероксид водню, реактив Несслера.

Суть йодометричного методу визначення CH₂O:

Формальдегід кількісно окислюється йодом у лужному середовищі з утворенням солей мурашиної кислоти:



Після закінчення реакції розчин підкислюють сірчаною кислотою. Йод, який не прореагував з CH₂O, відтитрують тіосульфатом натрію:



Визначення вмісту формальдегіду у стічній воді

До 5 см³ проби забрудненої формальдегідом води (пробу відбирають піпеткою) додають 1 см³ 2н NaOH (з мірного циліндру) та 10 см³ 0,1н I₂ (із бюретки).

Суміш залишають на 10...15 хв., щоб реакція пройшла повністю. Потім додають 1 см³ 2н розчину H₂SO₄ (із мірного циліндру) до кислої реакції і титрують 0,1н розчином тіосульфату натрію - Na₂S₂O₃ із бюретки. Визначають об'єм тіосульфату натрію, який пішов на титрування.

Вміст формальдегіду у стічній воді розраховують за формулою:

$$a = (N_1 V_1 - N_2 V_2) \cdot E_{\text{CH}_2\text{O}} \cdot 200, \text{ мг/дм}^3 \quad (3.2)$$

де E_{CH₂O} – мольна (еквівалентна) маса формальдегіду, E_{CH₂O}=15,008

N₁ - нормальність розчину йоду;

V₁ - об'єм доданого розчину йоду, дм³

N₂ - нормальність розчину тіосульфату

V₂ - об'єм розчину тіосульфату, що пішов на титрування, дм³.

Очищення стічної води. Провести очищення забрудненої формальдегідом води методом адсорбції за допомогою активованого вугілля. Визначити вміст формальдегіду в очищеній воді. Визначити ефективність очистки.

Ефективність очищення (η) визначають за формулою:

$$\eta = [(C_x - C_x')/C_x] \cdot 100, \% \quad (3.3)$$

де C – вміст формальдегіду в воді до очистки, мг/дм³

C' - вміст формальдегіду в воді після очистки, мг/дм³.

3.4 Висновок:

Визначено вміст формальдегіду у воді. Він складає.... мг/дм³. Після очищення методом адсорбції концентрація формальдегіду складає... мг/дм³. Очищення (не)ефективне, η = ...%.

Контрольні питання

1. Вкажіть основні джерела забруднення навколишнього середовища формальдегідом.
2. Де у харчовій промисловості використовується формальдегід?
3. Охарактеризуйте небезпеку формальдегіду для людини.
4. Опишіть суть методу визначення концентрації формальдегіду у воді.
5. Які методи можна застосувати для очищення стічних вод від органічних сполук?
6. Охарактеризуйте адсорбцію як метод очищення стічних вод.
7. В чому полягає очищення стічних вод методом екстракції?
8. Охарактеризуйте біохімічні методи очищення стічних вод.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 4

Дослідження ефективності електрохімічного методу очищення стічних вод

4.1 Мета роботи: ознайомитися з електрохімічними методами очищення стічних вод, експериментально визначити ступінь очищення стічних вод від іонів купруму при використанні електролізу.

4.2 Короткі теоретичні відомості

До електрохімічних методів очищення стічних вод відносять електрокоагуляцію, електрофлотацію, електродіаліз та електроліз. Ці методи ґрунтуються на пропусканні постійного електричного струму через робочий електроліт.

Електроліз часто використовується для вилучення із стічних вод цінних металів: міді, хрому, нікелю тощо, а також для очищення стічних вод від ціанідів, які на аноді окислюються до ціанат-іонів, а потім гідролізуються до карбонатів і амонію:

При електролізі стічних вод, які містять іони металів (у ряду напруг до Al включно), відбувається розряд H_2O з виділенням водню:



тобто вилучити ці метали з водного розчину неможливо. Починаючи з Mn до H, вилучаються метали, але внаслідок відновлення водночас і водню, вони дуже крихкі.



↪ в Me

Катіони металів, що стоять в ряду за гідрогеном розряджаються найбільш легко ($E = +0,34(Cu^{2+}/Cu) \dots +1,68 V (Au^+/Au)$):



При цьому утилізується 80 - 85% загальної кількості металів, що містяться у стічних водах.

Пристрої, в яких відбуваються електрохімічні процеси мають загальну назву – електролізери.

Природа матеріалу електродів електролізерів, а в багатьох випадках і підготовка їх, мають велике значення щодо напрямку та ходу реакцій при очищенні води від забруднювачів. При виборі матеріалу електроду необхідно дотримуватись таких умов:

- 1) забезпечення стійкості електродів в процесі обробки та їх тривалої експлуатації;
- 2) продукти руйнування електродів не повинні бути токсичними;
- 3) забезпечення високої електропровідності та механічної міцності;
- 4) доступність та невелика вартість матеріалу.

Аноди виготовлюють із матеріалів, які стійкі у водних розчинах при потенціалах виділення кисню. У кислих розчинах ці потенціали більш +1,23 В, а у лужних більш +0,4 В. В цій області потенціалів стійкі метали платинової

групи, графіт, а також оксиди деяких металів. Метали платинової групи не використовують, так як вони мають високу вартість.

Задовільняють переліченим вимогам деякі модифікації графіту. Недолік графітових електродів – повільне руйнування внаслідок поступового окиснення графітової поверхні до діоксиду та монооксиду карбону. Швидкість руйнування аноду визначається поруватістю графіту. Для усунення негативного впливу пор, аноди насичують різними матеріалами, які зменшують змочуваність поверхні та перешкоджають попаданню електроліту в пори.

Вибір анодного матеріалу із вищих оксидів металів досить обмежений, так як більшість цих сполук при нормальних температурах є діелектриками чи напівпровідниками з широкою забороненою зоною. Велику електропровідність та достатню хімічну стійкість електродів у лужних середовищах забезпечують оксиди таких металів як купрум, нікель, кобальт, ферум. Так, у процесах очищення води часто використовують магнетит $\text{FeO}\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$. Електроди отримують відливкою із шихти, яка являє собою природний магнетит. Найбільшу механічну міцність має литий магнетит, який містить невеликий надлишок вільного Fe_2O_3 .

Застосовують для очищення води і інші оксидні аноди. Основою для таких електродів є титан, на поверхню якого наносять шар оксидів рутенію чи кобальту, товщиною в декілька мікрометрів. Основна перевага цих електродів полягає в тому, що вони практично не руйнуються, а після зносу можуть бути регенеровані.

До катодних матеріалів пред'являються менш жорсткі вимоги у відношенні їх корозійної стійкості, чим до анодних матеріалів. Вибір катодного матеріалу залежить від призначення та умов проведення очищення; основним показником є величина перенапруги при виділенні водню – η_{H_2} . При $\text{pH } 0$, $i_{\text{к}}=1 \text{ A/cm}^2$, η складає:

Матеріал електроду	Pt (платинована)	Pt	Ni	Fe	Zn	Hg	Pb	Cu	C
$\eta, \text{В}$		0,07	0,60	0,77	1,30	1,42	1,56	0,807	1,20

За величиною перенапруги електродні матеріали поділяють на три групи: із низькою (Pt, Ni та ін.), середньою (Fe, Cu) та високою (графіт, Zn, Hg, Pb) перенапругою. Для процесів очищення води, в яких катодна реакція забезпечує видалення забруднювачів (вилучення металів, переведення речовини в менш токсичну сполуку тощо), доцільно використовувати електроди з високою перенапругою водню, що дозволяє полегшити протікання як анодної, так і катодної реакції.

Електрокоагуляція застосовується для очищення стічних вод: 1) коли використовуються нерозчинні електроди – графіт, Pt (при низькій стійкості забруднень та невисокому вмісті колоїдних частинок) і 2) при застосуванні розчинних сталевих та алюмінієвих електродів (при великій кількості високостійкого забруднення). В останньому випадку метал електроду

розчиняється і у воду переходять його катіони (Me^{n+}), які з гідроксильними групами (OH^-) утворюють гідроксиди металів у вигляді пластівців, які сприяють інтенсивній коагуляції. Недолік методу - підвищені витрати металу та електроенергії. Електрокоагуляція, головним чином, використовується для очищення нейтральних і слаболужних стоків. Схеми електрокоагуляційних пристроїв наведені на рисунках 4.1, 4.2.

Електрофлотація застосовується для очищення стічних вод від завислих частинок та здійснюється за допомогою бульбашок газу, які утворюються при електролізі води: на аноді утворюються бульбашки кисню, на катоді - водню. Ці бульбашки, піднімаючись у стічній воді уверх, флотують завислі частинки забруднення, а при використанні розчинних електродів, крім цього, відбувається утворення пластівців, і ефект такої флотації збільшується. Такий електрофлотатор складається із заспокоювача, куди поступає стічна вода, електродного відділення, де вона насичується газовими бульбашками, і відстійника, звідки шлам вилучається.

Електродіаліз широко використовується для опріснювання солених вод, а також для очистки промислових стічних вод. Він оснований на відокремленні іонізованих речовин під дією електрорушійної сили, яка створюється у розчині по обидві сторони спеціальних мембран, які розділяють об'єм електродіалізатора на три камери. В середню камеру заливають забруднений розчин, а в бокові, де розміщені електроди, чисту воду.

Процес електролізу можливо відобразити такими рівняннями:



Позитивно заряджені іони (катіони) – забруднювачі переносяться у катодний простір (де іде накопичення гідроксид-іонів (OH^-), тобто розчин стає лужним; негативно заряджені іони (аніони) – забруднювачі переносяться у анодний простір, де відбувається накопичення іонів водню (H^+), тобто відбувається підкислення розчину. В результаті дифузії у середню камеру надходять іони H^+ та OH^- , а вода очищується від забруднювачів. При використанні електрохімічно активних (іонообмінних) діафрагм можливо підвищити ефективність процесу та знизити витрати електроенергії.

В одній камері здійснюється знесолювання розчину, в іншій – його концентрування. В промислових апаратах між електродами розміщують 250 – 500 комірок. На кінцях апарата розміщені електроди, на які подають постійний електричний струм.

Так багатокамерний електродіалізний апарат (рис. 4.4) по чергово розділяється на камери аніоно- і катіонообмінними мембранами. Відстань між ними становить 0,5 - 1,5 мм. Крізь іонообмінні мембрани мігрують аніони, крізь катіонообмінні – катіони.

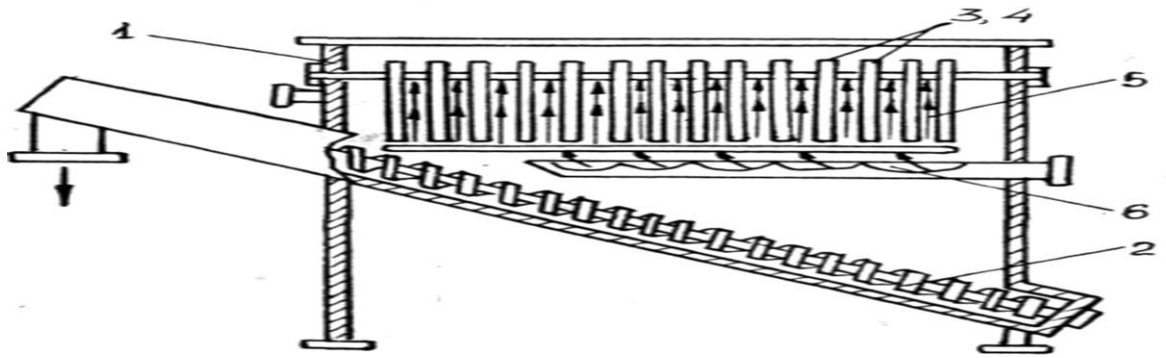


Рисунок 4.1 – Електрокоагулятор для очистки води від полімерних сполук: 1 - корпус; 2 - шнек; 3,4 - електроди; 5 - скребок; 6 - перфорована труба; 7 - вал

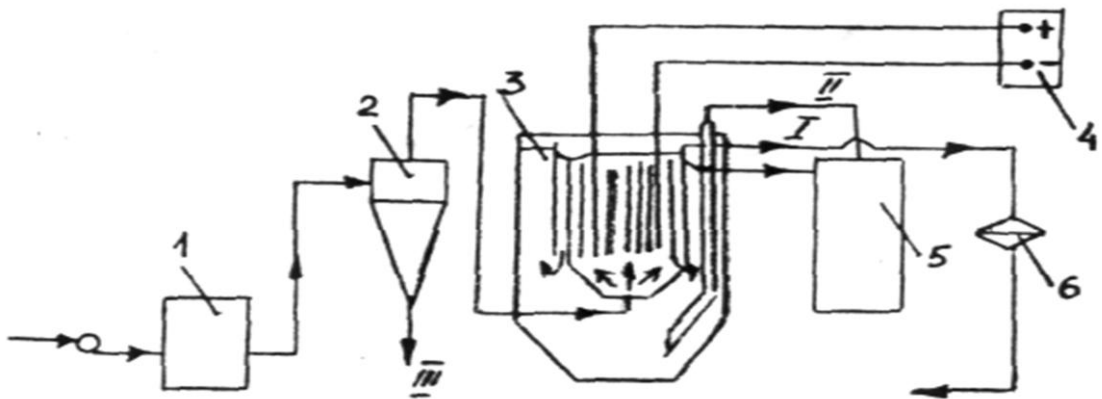


Рисунок 4.2 – Електрокоагуляційний пристрій для очистки води від нафтопродуктів: 1 - фільтр; 2 - гідроциклон; 3 - електрокоагулятор; 4 - джерело струму; 5 - збірник; 6 - фільтр

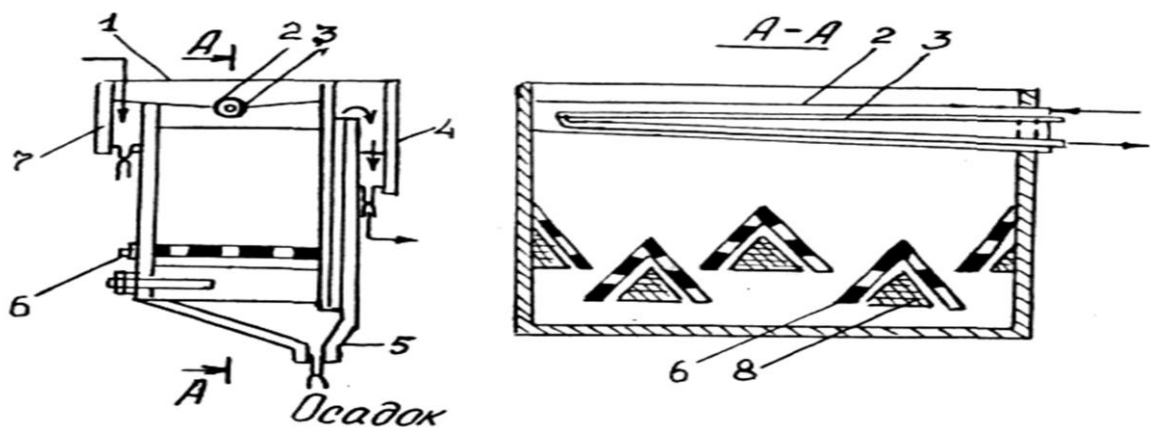


Рисунок 4.3 – Електрофлотатор з анодами у формі тригранних призм: 1 - корпус; 2 - похилий жолоб; 3 - трубопровід теплоносія; 4 - випускна камера; 5 - випускний штуцер; 6 - катод; 7 - приймальна камера; 8 - анод

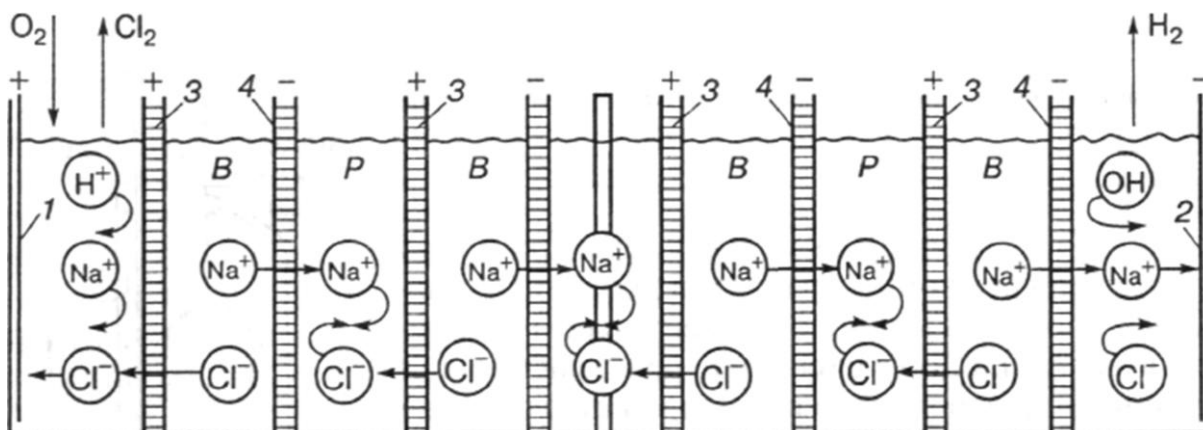


Рисунок 4.4 – Схема багатокамерного електродіалізатора:
B - камери для води; *P* - камери для розсолу; 1 - анод; 2 - катод;
 3 - аніоноактивна мембрана; 4 - катіоноактивна мембрана

4.3 Експериментальна частина

Схема проведення очищення стічних вод методом електролізу наведена на рисунку 4.5.

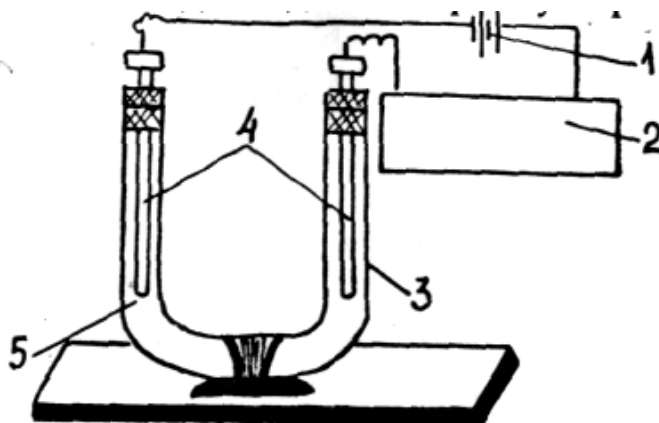
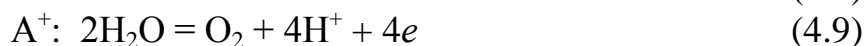


Рисунок 4.5 – Схема приладу для електролізу: 1 - джерело постійного струму, 2 - вирівнювач, 3 - електролізер, 4 - електроди, 5 - досліджувана стічна вода

Хід роботи

В електролізер наливають досліджувану стічну воду, занурюють графітові електроди і приєднують їх до джерела постійного струму. Електроліз протікає при $U = 6 - 10 \text{ В}$ і $I = 1 \text{ А}$, $t = 15 - 30 \text{ хв}$.

Електроліз стічних вод, які містять купрум сульфат (CuSO_4) протікає за наступною схемою (використовуються інертні електроди - графітові):



Визначення купруму проводять до і після очищення, для чого використовують йодометричний метод аналізу:



Хід аналізу.

До проби води стічної води (20 см³, відбирають піпеткою) додають 2 см³ H₂SO₄ (1:4), 10 см³ KSCN+KI (відбирають мірним циліндром) і титрують йод, який виділився тіосульфатом натрію (Na₂S₂O₃) з добавкою крохмалю (2...5 см³). Останній додають, коли розчин стає кольору соломи. Титрують до нечіткого фіолетового кольору.

Розрахунок проводять за формулою:

$$C_{\text{Cu}} = 50N \cdot V \cdot E_{\text{Cu}}, \text{ мг/дм}^3 \quad (4.11)$$

де $E_{\text{Cu}} = 63,54$; N і V - відповідно нормальність і об'єм розчину Na₂S₂O₃, який пішов на титрування.

Визначення ступеня очищення. Ступінь очищення води (η) розраховують за формулою:

$$\eta = [(C_x - C_x')/C_x] \cdot 100, \% \quad (4.12)$$

де C_x - вміст іонів купруму в воді до очищення, мг/дм³;

C_x' - вміст іонів купруму в воді після очищення, мг/дм³.

4.4 Висновок: Експериментально встановлена концентрація іонів купруму у воді: до очищення вона складає ... мг/дм³; після очищення - ... мг/дм³. Концентрація забруднювача (не) знаходиться в допустимих межах (додаток Б). Ступінь очищення води... %.

Контрольні питання

1. В чому полягає очищення стічних вод методом електрокоагуляції?
2. Вкажіть особливості очищення води методом електрофлотації.
3. Для очищення води від яких забруднювачів доцільно застосовувати електрофлотацію?
4. Яким чином проводиться очищення стічних вод методом електролізу?
5. Які матеріали використовують для виготовлення катодів і анодів?
6. Які окисно-відновні процеси протікають на катоді і аноді при електролізі води, забрудненої CuSO₄, NaCl, KNO₃, Na₂S?
7. Яким методом можна визначити кількісний вміст міді у стічній воді?
8. Наведіть приклади енергозберігаючих і матеріалозберігаючих технологічних процесів при електролізі водних розчинів.
9. Наведіть приклади ресурсозберігаючих технологій в процесі електролізу розчину сульфату міді (CuSO₄) з розчинним анодом - чорною міддю.
10. Наведіть приклади рекуперації, регенерації, хімічних забруднень води, утилізації відходів при застосуванні електрохімічних методів очищення.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 5

Визначення жорсткості питної води. Іонообмінний метод очищення води.

5.1 Мета роботи: експериментально визначити жорсткість води до та після іонітного очищення.

5.2 Короткі теоретичні відомості

Відповідно до Державних санітарних норм та правил "Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною" (ДСанПіН 2.2.4-171-10) загальна жорсткість - показник, що характеризує властивість води, зумовлену наявністю у ній розчинених солей кальцію та магнію (сульфатів, хлоридів, карбонатів, гідрокарбонатів тощо).

Визначення жорсткості води має велике практичне значення. Особливі вимоги ставляться до промислового водопостачання, коли вода виконує роль сировини, розчинника або теплоносія, тощо. Наприклад, вода, яка використовується для пивоваріння повинна мати жорсткість не більше 2,5 ммоль/дм³, для виготовлення горілки та спирту не більше 0,36 ммоль/дм³, для виготовлення безалкогольних напоїв, майонезів не більше 10 ммоль/дм³.

Жорсткість води для парових котлів повинна бути $\leq 0,017$ ммоль/дм³. Солі жорсткості за високої температури утворюють осад на стінках котла (накип), що погано проводить тепло, тому відбувається місцевий перегрів котла, що може привести до вибуху. Ці ж речовини осідають на внутрішніх стінках труб в системах водяного охолодження, погіршують теплообмін та виводять систему з ладу.

Для промислової електроніки використовується демінералізована (знесолена) вода, яка за якістю вища від бідистиляту (дистильована вода подвійної перегонки). Вміст солей Mg²⁺, Ca²⁺ в такій воді – 10⁻¹...10⁻² ммоль/дм³.

Вода, що використовується в шкіряній промисловості, повинна мати жорсткість для багатьох процесів не більше 6 ммоль/дм³, для фарбування, промивки після нейтралізації не більше – 3,6 ммоль/дм³, для знезолування, хромового дубіння не більше 7 ммоль/дм³.

Розрізняють кальцієву жорсткість води, зумовлену присутністю кальцієвих солей та магнієву жорсткість, що пов'язана з присутністю магнієвих солей. Сумарна кальцієва та магнієва жорсткість називається загальною жорсткістю.

Жорсткість води виражається в ммоль-екв/дм³ (моль/м³), раніше – мг-екв/л. Таким чином, 20.04 мг кальцію Ca²⁺ зумовлюють 1 мг-екв/л кальцієвої жорсткості; 12.16 мг магнію Mg²⁺ - 1 мг-екв/л магнієвої жорсткості. Загальну жорсткість води визначають за формулою:

$$T_{\text{заг}} = \frac{[Ca^{2+}]}{20.04} + \frac{[Mg^{2+}]}{12.16} \quad (5.1)$$

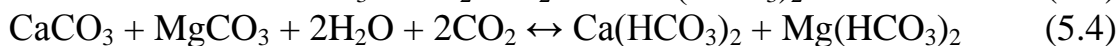
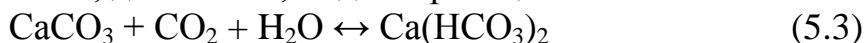
де Ca²⁺, Mg²⁺ - вміст кальцію та магнію в одному дм³ води в мг.

Також розрізняють карбонатну жорсткість (J_K), яка зумовлюється вмістом гідрокарбонатів кальцію та магнію; некарбонатну жорсткість (J_{HK}), яка зумовлюється вмістом хлоридів, сульфатів Ca, Mg.

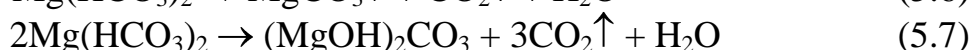
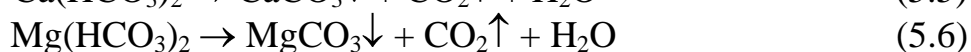
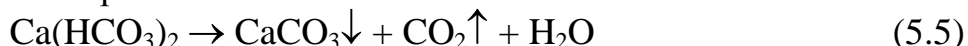
Загальна жорсткість ($J_{заг}$) – визначається загальним вмістом солей жорсткості:

$$J_{заг} = J_K + J_{HK} \quad (5.2)$$

В природних умовах утворення гідрокарбонатів проходить при взаємодії карбонатної кислоти з вапняком, доломітом, згідно з реакціями:



При тривалому кипінні жорсткість води зменшується за рахунок видалення карбонатної жорсткості:



Кип'ятінням не можливо видалити всю карбонатну жорсткість (розчинність $CaCO_3$ – 0.01 г/дм³, $(MgOH)_2CO_3$ – 0.04 г/дм³), тому іноді використовують термін тимчасова жорсткість, розуміючи під цим концентрацію солей $Ca(HCO_3)_2$ та $Mg(HCO_3)_2$, що видаляються з води після кип'ятіння її протягом двох годин. Жорсткість, що залишилася після кип'ятіння води називається постійною чи залишковою жорсткістю.

Жорсткість природної води залежить від джерела та пори року. Під час весняних паводків жорсткість води поверхневих басейнів зменшується, а в зимній період зростає.

Класифікація вод за вмістом солей має велике значення. В основу ранніх класифікацій вод, що розроблялися В.І. Вернадським, О.А. Алекіним, було закладено загальний вміст солей (ступінь мінералізації) та вміст іонів HCO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-} , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ .

В табл. 5.1 наведена класифікації вод за загальною жорсткістю та загальним вмістом солей.

Таблиця 5.1 – Класифікація природно-антропогенних вод за загальним солевмістом та жорсткістю

За солевмістом	г/дм ³	За загальною жорсткістю	моль/м ³
Слабомінералізована	0.1–5.0	Дуже м'яка	1.5
		М'яка	1.5...3.0
Середньомінералізована	5.0–30.0	Середньої жорсткості	3.0...4.5
		Доволі жорстка	4.5...6.0
		Жорстка	6.0...10.0
Сильномінералізована	30	Дуже жорстка	10...12.0 та >
Примітка: морська вода характеризується загальною жорсткістю більше 65 моль/м ³			

Обґрунтовуючи норматив загальної жорсткості у питній водопровідній воді, передусім враховують її вплив на органолептичні властивості. Відомо, що значний вміст солей твердості, особливо магнію сульфату, надає воді гіркого смаку. Споживачі відчують цей смак, якщо загальна жорсткість води перевищує 7 ммоль/дм³. Щоб вода не мала гіркого смаку інтенсивністю понад 2 бали, її загальна жорсткість не повинна перевищувати 7 ммоль/дм³. Інакше кажучи, доброякісна питна вода повинна бути м'якою (із загальною жорсткістю до 3,5 ммоль/дм³) або помірно твердою (від 3,5 до 7 ммоль/дм³). Тобто верхню межу загальної жорсткості питної води – 7 ммоль/дм³ – встановлено на підставі впливу її на органолептичні властивості (ДСанПіН 2.2.4-171-10).

Згодом було доведено, що залежно від жорсткості вода по-різному впливає на здоров'я людей. Так, різкий перехід від м'якої води до твердої може призвести до диспепсії, зумовленої насамперед наявністю у воді магнію сульфату. У районах зі спекотним кліматом користування водою з високою жорсткістю призводить до погіршення перебігу сечокам'яної хвороби.

Солі жорсткості погіршують всмоктування жирів унаслідок їхнього омилення і утворення в кишечнику нерозчинних кальцієво-магнієвих мил. При цьому обмежується надходження в організм людини есенціальних речовин – поліненасичених жирних кислот, жиророзчинних вітамінів, деяких мікроелементів. Зокрема, вода із твердістю понад 10 ммоль/дм³ у регіонах, ендемічних щодо гіпомікроелементозу йоду (організм людини потребує мінімум 50 – 60 мкг йоду на добу, оптимально – 200 мкг), підвищує ризик захворювання на ендемічний зоб.

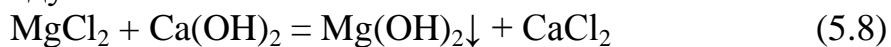
Вода з високою твердістю сприяє виникненню дерматиту. Механізм цього явища полягає в омиленні солями твердості шкірного сала з утворенням нерозчинних у воді кальцієво-магнезіальних мил, яким властива подразнююча дія.

До того ж треба враховувати, що з підвищенням жорсткості води ускладнюється кулінарне оброблення харчових продуктів, а саме: гірше розварюються м'ясо і бобові, погано заварюється чай, утворюється накип на стінках посуду. Крім цього, підвищуються витрати мила, волосся після миття стає жорстким, шкіра грубішає, тканини жовтіють, втрачають м'якість, гнучкість через імпрегнацію кальцієво-магнезіальних мил.

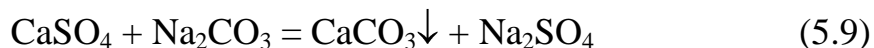
Але й дуже м'яка вода може негативно впливати на організм унаслідок зменшення надходження передусім кальцію.

Для пом'якшення води використовують в основному два методи: осадження та іонний обмін.

Для осадження кальцію та магнію найбільш широко використовують соду, вапно, натрій фосфат тощо. Вапно взаємодіє з солями магнію та осаджує магній у вигляді гідроксиду:

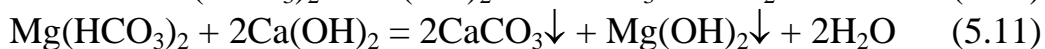


Сода взаємодіє з солями кальцію, утворюючи важкорозчинний карбонат кальцію:



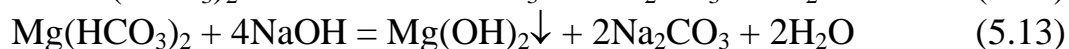
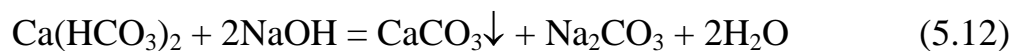
Для видалення карбонатної жорсткості методом осадження використовують вапняковий, натронний та содовий методи.

Вапняковий метод використовують при високій карбонатній жорсткості (J_k), малій некарбонатній ($J_{нк}$):

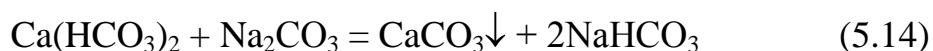


Підвищення температури, створення надлишкової кількості $\text{Ca}(\text{OH})_2$, перемішування – покращують ефект зниження J_k , а також зниження загального солемісту та вільного CO_2 .

Натронний метод.



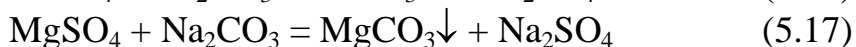
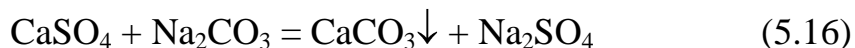
Содовий метод.



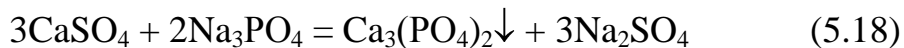
На практиці часто використовують вапняково-содовий метод ($J_k \gg J_{нк}$). Максимальна ступінь пом'якшення вапняково-содовим методом 0,3...0,5 моль/м³.

Для видалення некарбонатної жорсткості використовують содовий та фосфатний методи.

Содовий метод.



Фосфатний метод.



При фосфатному методі пом'якшення води максимальний ступінь пом'якшення - 0.05 моль/м³.

Останнім часом для очищення води, зниження жорсткості води стали широко використовують *іоннообмінний метод*

Іоніти - це неплavкі та нерозчинні (чи малорозчинні) речовини, які обмежено набухають у воді, які у своїй структурі мають функціональні групи кислотного та основного характеру, що здатні обмінюватись на іони речовин, розчинених в воді. Частіше іоніти представляють собою тверді високомолекулярні полікислоти і поліоснови чи їх солі. В залежності від характеру функціональних груп іоніти можуть обмінюватись катіонами (катіоніти) чи аніонами (аніоніти). В табл. 5.2, 5.3, рис. 5.1 представлені марки іонітів, приведені дані по регенерації відпрацьованих іонітів та схема катіонітного фільтру.

Механізм іонітного очищення.

Жорстка вода пропускається через шар катіоніта. При цьому проходить, схематично, такий процес:





де R – залишок молекули катіоніта (смоли, що містять карбоксильні групи – COOH, або сульфогрупи – SO₃H та ін.). Для водоочищення використовують не тільки органічні, а й неорганічні катіоніти – цеоліти (мінерали) чи пермутити (штучно отримані сполуки), що відповідають Na-катіоніту і звичайно позначаються Na₂R (є й H⁺-катіоніти – H₂R).

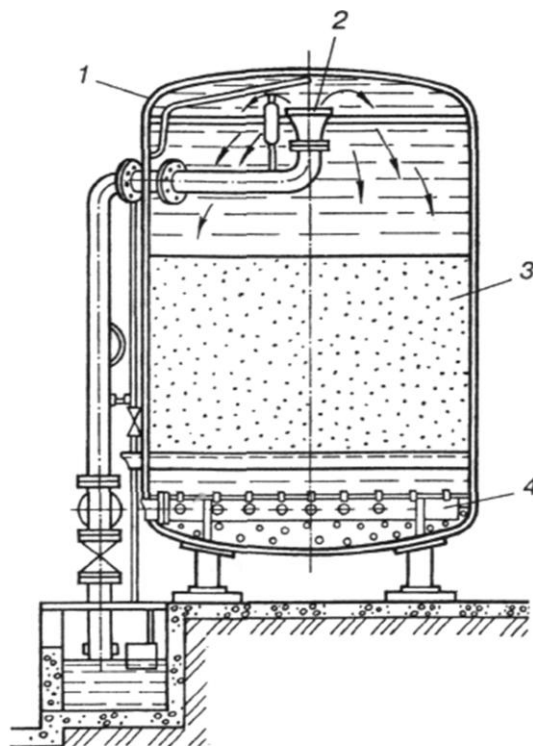
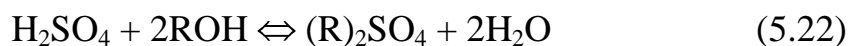


Рисунок 5.1 – Схема катіонітного фільтра:

1 - корпус; 2 - збірна воронка; 3 - шар катіоніту; 4 - колектор і дренажні труби

При проходженні води через катіоніт в H⁺-формі іони кальцію та магнію обмінюються на іони гідрогену і вода стає кислою. Таку воду не можна використовувати для технічних цілей, бо вона буде викликати корозію труб, руйнувати арматуру тощо. Тому далі цю воду пропускають через аніоніт в OH⁻-формі:

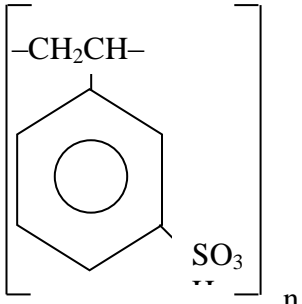


Після такої послідовної очистки воду можна використовувати для різних цілей в техніці.

Таблиця 5.2 – Іонообмінна характеристика деяких цеолітів

Назва	Обмінні іони	Повна обмінна ємність, ммоль-екв./г
Содаліт	Na ⁺	7.04
Канкриніт	Na ⁺	7.04
Фотазит	Na ⁺ , Ca ²⁺ , Mg ²⁺	5.02
Анальцит	Na ⁺	4.95
Шабазит	Ca ²⁺	4.95
Гмелініт	Na ⁺ , Ca ²⁺	4.95
Еріоніт	Na ⁺ , Ca ²⁺	3.86
Морденіт	Na ⁺	2.62
Стильбит	Na ⁺	4.24
Гейландит	Ca ²⁺	3.45
Кліноптилоліт	Na ⁺ , K ⁺ , Ca ²⁺	2.64
Натроліт	Na ⁺	5.30

Таблиця 5.3 – Характеристика деяких марок іонітів

Марка іоніту (іонообмінної смоли).	Характеристика, одержання.	Застосування.	
		в промисловості	в аспекті охорони навколишнього середовища
1	2	3	4
Катіоніти: КУ-2-8	<p>Монофункціональний сильнокислотний сополімеризаційний катіоніт, містить один вид фіксованих іонів - сульфо-групи, що приєднані до ароматичних кілець.</p>  <p>Одержується сульфуванням (сульфатною або хлорсульфоною кислотою) зерен сополімера з 8% дівинилбензолу (ДВБ).</p>	<p>В водопідготовці для пом'якшення та знесолювання води; в гідрометалургії для відокремлення та виділення кольорових, рідких металів з пульп поліметалевих руд і розчинів; в гальванотехніці та металообробці для генерації рідких відходів і очищення стічних вод; в хімічній промисловості для очищення і відокремлення різних речовин та розчинів, в якості каталізаторів хімічних реакцій.</p>	<p>1. Для пом'якшення та знесолювання (разом з аніонітами) господарчо-побутових стічних вод; 2. Для пом'якшення та опріснення чи знесолювання слабомінералізованих продувних та поверхневих стічних вод промислових підприємств; 3. Для глибокого очищення гарячих конденсатів пару від продуктів корозії теплообмінних поверхонь; 4. Для очищення гарячих конденсатів сокового пару хімічних виробництв від домішок катіонів розчинних легких неорганічних сполук та продуктів корозії обладнання; 5. Для очищення промивних вод гальванічних виробництв та металообробки від домішок катіонів рідких та кольорових металів; 6. Для очищення стічних вод від органічних основ (ароматичних амінів) тощо. Може використовуватися в технології очищення вентиляційних газів хімічних виробництв.</p>

Продовження таблиці 5.3

1	2	3	4
КУ-2-20	Має гелеву структуру, відрізняється від КУ-2-8 більш високим вмістом ДВБ. Випускається в Н-формі.	Для очищення від домішок розчинів антибіотиків, зокрема стрептоміцину, від домішок неорганічних катіонів та для очищення розчинів гальванічних виробництв.	Для очищення стічних вод кольорової металургії та машинобудування від домішок двох- і трьохзарядних катіонів кольорових та важких металів.
КУ-23	Багатофункціональний сильно кислотний сульфокатіоніт макропористої структури, що містить сульфогрупи. Одержуються сульфуванням гранульованого макропористого сополімера стиrolу з ДВБ.	Для пом'якшення та знесолення води в різноманітних галузях промисловості, регенерації відходів в гальванотехніці та металообробці, розділення та очищення різноманітних розчинів в хімічній промисловості; в якості каталізаторів.	Для очищення стічних вод від кольорових та рідких металів; для очищення денатурованих і стічних вод всіх видів (див. КУ-2-8); для оборотної сорбції великих органічних катіонів з водних, неводних та газових середовищ. Може використовуватися для очищення газів від летких основних сполук.
КУ-1	Поліконденсаційний сильнокислотний біфункціональний катіоніт; містить два види іоногенних груп: сульфогрупи і фенольні гідроксидні. Одержується конденсацією сульфованого фенолу з формальдегідом у кислому середовищі.	Для пом'якшення та знесолення води у водопідготовці; для освітлення цукрових сиропів та гідролізатів; для вилучення іонів купруму, цинку з рідкої фази пульпи при збагаченні мідно-цинкових поліметалічних руд.	Для очищення господарсько-побутових стічних вод, денатурованих вод; стічних вод органічних виробництв та промивних вод гальванічних виробництв від катіонів важких і лужноземельних металів, домішок, що обумовлюють кольоровість.
КБ-2-7П КБ-2-10П	Сополімеризаційні слабокислотні монофункціональні карбоксильні катіоніти макропористої структури. Випускаються і застосовуються в Na-формі.	Для сорбції антибіотиків з нативних розчинів, для відокремлення амінокислот, очищення нікелевих та кобальтових електролітів від домішок заліза, очищення розсолів хлориду натрію від катіонів кальцію та магнію тощо.	Для вилучення катіонів кольорових та важких металів з природно антропогенних та стічних вод, для очищення газів від кислих компонентів тощо.

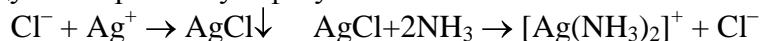
Продовження таблиці 5.3

1	2	3	4
<u>Аніоніти:</u> АВ-17-8	Сополімеризаційний сильноосновний монофункціональний; гелевої структури, що містить четвертинні бензилтриметил-амонійні функціональні групи. Одержується шляхом хлорметилуванням сополімера стиролу з 8 % ДВБ із наступним амінуванням триметиламіном.	У водопідготовці для видалення з води іонів слабких кислот (карбонатної, силікатної); для глибокого знесолювання води та конденсатів у фільтрах змішаної дії разом з катіоном КУ-2-8; в хімічній та фармацевтичній промисловості для очищення різних речовин та ін. процесів аніонного обміну.	Для очищення стічних вод від аніонних домішок (в т.ч. від аніонних комплексів кольорових та рідких металів); від силікатів, нітратів, нітритів, ціанідів, боратів та ін. аніонних домішок стічних вод хімічної промисловості, кольорової металургії; для очищення газів вентиляційних пристроїв від HF, SiF ₄ та SO ₂ , SO ₃ тощо.
АВ-17П (АВ-17-10П/0.6 АВ-17-10П/0.8 АВ-17-10П/1.0)	Сополімеризаційні сильноосновні монофункціональні аніоніти з четвертинними бензилтриметил-амонійними групами.	У водопідготовці для видалення аніонів слабких кислот; від органічних домішок; для знебарвлення та деіонізації розчинів в цукровому виробництві.	Для вилучення неорганічних та органічних аніонів (в т.ч. аніонних ПАР, пестицидів тощо) різних стічних вод; для очищення вентиляційних газів від кислих компонентів тощо.
АВ-29-12П	Сополімеризаційний сильноосновний монофункціональний аніоніт макропористої структури; містить четвертинні бензилдиметилетанол амонійні функціональні групи.	У водопідготовці при невисоких вимогах до знесолоної води за залишковим вмістом аніонів силікатної та карбонатної кислот.	Для очищення господарсько-побутових та промислових стічних вод від домішок аніонів неорганічних та органічних кислот, сполук; для очищення повітря від кислих газів.

Регенерація відпрацьованих іонітів.

H⁺-катионіт висипають з колонки в велику банку з 5% розчином HCl і залишають на 24 години. Потім кислоту зливають, катионіт переносять у воронку Бюхнера і промивають дистильованою водою до негативної реакції на іон Cl⁻ з AgNO₃. Промитий катионіт знову вводять в колонку.

Реакція на присутність іонів Cl⁻. Іони Cl⁻ з AgNO₃ утворюють білий осад AgCl, нерозчинний в мінеральних кислотах, але розчинний в водних розчинах NH₃, амоній карбонату, калій ціаніду та натрій тіосульфату:



Виконання реакції. До 2-3 крапель досліджуваного фільтрату додають 1 краплю розчину HNO₃ та 2 - 3 краплі розчину AgNO₃. В присутності Cl⁻-іонів утворюється білий осад.

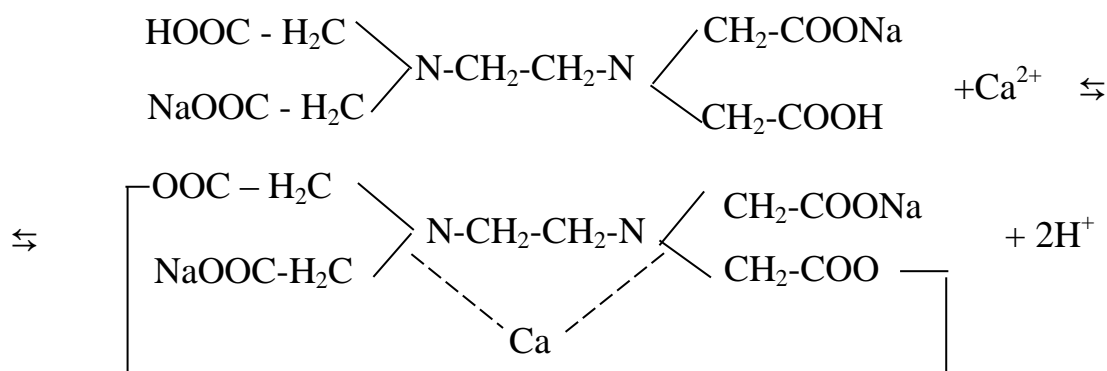
Аніоніт регенерують 5 % розчином NaOH, промивають водою до негативної реакції за фенолфталеїною (відсутність рожевого забарвлення). Промитим аніонітом знову заповнюють колонку.

5.3 Експериментальна частина

Визначення загальної жорсткості води

Метод комплексометрії.

Визначення сумарного складу кальцію та магнію (загальної твердості) засновано на використанні трилона Б – кислоти натрієвої солі, етилендіаміно-тетраоцтової кислоти, який в лужному середовищі з іонами Ca²⁺ і Mg²⁺ утворює комплекси:



Цей метод використовують при мінімальній сумарній концентрації кальцію та магнію в пробі до 0.5 ммоль/дм³, з похибкою 1 %.

Хід аналізу. Пробу води (5 см³ – піпеткою) розбавляють дистильованою водою в конічній колбі (250 мл) до 100 мл; доливають 5 см³ аміачного буферного розчину (суміш NH₄Cl та NH₄OH) та додають декілька крапель (≈10 крапель) індикатору – еріохрому чорного до утворення винно-червоного кольору з фіолетовим відтінком і титрують (при енергійному перемішуванні) розчином трилону Б (з бюретки) до переходу забарвлення в синє з зеленуватим відтінком.

Очищення води за допомогою H⁺-катионіту

Очищення від солей жорсткості проводиться за допомогою H⁺-катионітної колонки. Пробу, що досліджується, пропускають через H⁺-катионітну колонку.

Беруть пробу очищеної води (5 см³) та визначають жорсткість води вище зазначеним методом.

Обробка результатів

Розрахунок значення загальної жорсткості здійснюють за формулою:

$$Ж_{\text{в}} = (N_{\text{тр}} \cdot V_{\text{тр}} \cdot 1000) / V_{\text{H}_2\text{O}}, \text{ ммоль/дм}^3 \quad (5.23)$$

де $N_{\text{тр}}$ – нормальність трилона Б; $V_{\text{тр}}$ – кількість трилона Б, що витрачена на титрування, мл; $V_{\text{H}_2\text{O}}$ - об'єм проби води, взятої для визначення, см³.

Отримані значення жорсткості води порівнюють із нормативними вимогами (додаток Б).

5.4 Висновок: Експериментально визначено загальну жорсткість води. До очистки вона складає ... ммоль/дм³, після іонітної очистки жорсткість складає.... ммоль/дм³, що (не) перевищує допустиме значення (див. додаток Б).

Контрольні питання

1. Як впливає жорсткість води на технологічні процеси?
2. Чим зумовлена жорсткість води?
3. Які Ви знаєте методи пом'якшення води?
4. Які методи зменшення некарбонатної жорсткості Ви знаєте?
5. Які методи зменшення карбонатної жорсткості Ви знаєте?
6. Охарактеризуйте механізм іонітної очистки води.
7. Який аналітичний метод лежить в основі визначення загальної жорсткості води?
8. Яка максимальна жорсткість допускається для питної води?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 6

Визначення іонів амонію у поверхневих, підземних та зворотних водах

6.1 Мета: засвоїти методику визначення іонів амоній в у поверхневих, підземних та зворотних водах.

6.2 Короткі теоретичні відомості

Азотовмісні речовини (аміак, нітрити та нітрати) утворюються у воді в результаті протікання хімічних процесів і гниття рослинних залишків, а також за рахунок розкладу білкових сполук, що потрапляють майже завжди зі стічними побутовими водами, кінцевим продуктом розпаду білкових речовин є аміак. Води, причиною утворення аміаку в яких є розкладання білкових речовин, непридатні для пиття. За наявності у воді тих чи інших азотовмісних сполук судять про час її забруднення. Наявність у воді аміаку і відсутність нітритів вказує на свіже забруднення. Спільна присутність цих речовин свідчить про те, що з моменту забруднення вже минув певний час. Відсутність аміаку за наявності нітритів і особливо нітратів вказує, що забруднення води відбулося давно. Придатною для питних цілей вважається вода, що містить лише сліди аміаку і нітритів, а за стандартом допускається вміст не більше 50 мг/дм³ нітратів. За наявності у воді більше 50 мг/дм³ нітратів спостерігається порушення окисної функції крові людини. Встановлено, що нітрати підвищують ризик виникнення ракових пухлин шлунково-кишкового тракту людини

Зростаючий антропогенний вплив урбанізованих міст, промислових та сільськогосподарських підприємств на водойми призводить до їх забруднення органічними і мінеральними речовинами. Це обумовлює зміни у стані їх екосистем, викликає порушення процесів формування та функціонування біоценозів різних трофічних рівнів, погіршення якості води. Сполуки Нітрогену проявляють широкий спектр токсичної дії на організм гідробіонтів, у тому числі і риб. Особливо токсичним з них є аміак. При цьому встановлено, що його суміші з іншими токсичними речовинами, такими як важкі метали та ін., є високотоксичними. У водоймах амонійний нітроген утворюється при біохімічному розкладі органічних сполук рослинного і тваринного походження (автохтонний), а також може потрапляти разом зі стічними водами (алохтонний). Крім того, джерелом алохтонного мінерального нітрогену для водних екосистем є його доплив з неглибоких водоносних горизонтів, які забруднюються внаслідок проникнення до них поверхневих вод з сільськогосподарських угідь, тваринницьких комплексів, складів мінеральних добрив тощо. Чисті поверхневі води містять до 0,1 мг/л амонійного нітрогену, а підповерхневі води, розташовані поблизу господарств, – до кількох мг/л N-NH₄. Відомо, що аміак присутній у воді в двох формах – іонізованій (NH₄⁺) і неіонізованій (NH₃) і значними токсичними властивостями володіють неіонізований аміак. Мінімальною концентрацією аміаку, що викликає загибель чутливих видів риб, прийнято вважати 0,5-1 мг/дм³. Треба зазначити, що ГДК для водойм рибогосподарського призначення неіонізованої форми становить

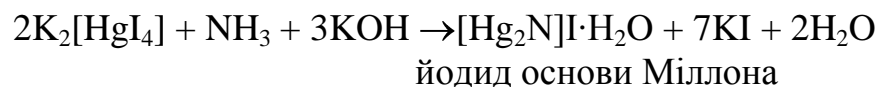
0,1, а у вигляді іону (N-NH₄⁺) – 0,39 мг/дм³. Гранично допустима концентрація в воді водойм господарсько-питного і культурно-побутового водовикористання установа в розмірі 2 мг/дм³ по нітрогену або 2,6 мг/дм³ в вигляді іону NH₄⁺.

Фотометричне визначення амоній-іонів з реактивом Несслера в стічних водах проводять за методикою виконання вимірювань (МВВ) № 081/12-0106-03 «Поверхневі, підземні та зворотні води. Методика виконання вимірювань масової концентрації амоній-іонів фотоколориметричним методом з реактивом Несслера»

Методика встановлює алгоритм кількісного визначення вмісту іонів амонію у поверхневих, підземних та зворотних водах. Діапазон вимірювань масової концентрації амоній-іонів становить від 0,1 до 50 мг/дм³ включно.

Визначенню амоній-іонів не заважають спирти у концентраціях менше, ніж 20 г/дм³, фенол у концентраціях менше, ніж 2 мг/дм³, аміни у концентраціях менше, ніж 1 мг/дм³. Визначенню амоній-іонів заважають жорсткість, завислі речовини, хлор, гумінові речовини, ферум, сульфід, мутність. Усунення їх впливу передбачено ходом пробопідготовки.

Метод базується на взаємодії іонів амонію з тетраїодомеркуроатом калію у лужному середовищі (реактивом Несслера K₂HgI₄ + КОН) з утворенням коричневої, нерозчинної у воді йодистої солі основи Міллона [Hg₂N]I·H₂O, яка переходить у колоїдний стан при малому вмісті іонів амонію:



Аналіз виконують у день відбору проб або консервують додаванням 1 см³ концентрованої сульфатної кислоти на 1 дм³. Консервовану пробу можна зберігати дві доби.

Фотоколориметричним методом вимірюють оптичну густину забарвлених розчинів. Оптимальним для вимірювання оптичної густини є використання довжини хвилі $\lambda = 425$ нм.

За градууювальною характеристикою визначають масову концентрацію амоній-іонів в аліквоті проби. Розрахунковим методом встановлюють масову концентрацію амоній-іонів у вихідній пробі.

6.3 Експериментальна частина

Для виконання вимірювань готують розчини:

– основний розчин амоній хлориду: 2,9650 г амоній хлориду, висушеного при 100 - 105 °С у сушильній шафі, розчиняють у мірній колбі місткістю 1000 см³ у невеликому об'ємі води, а потім доводять до мітки.

1 см³ містить 1 мг амоній-іонів. Приготовлений розчин зберігають у банці з темного скла на протязі одного року;

– робочий розчин амоній хлориду: 1 см³ основного розчину доводять до мітки безаміачною водою у мірній колбі до 200 см³. 1 см³ розчину містить 0,005 мг амоній-іонів. Застосовують свіжоприготовлений розчин;

- реактив Несслера: використовують промисловий реактив за ТУ 6-

09- 2089. При його відсутності готують у лабораторних умовах з меркурій (II) оксиду.

Приготування розчинів для побудови градуювального графіка

У мірну колбу місткістю 50 см³ піпеткою відміряють необхідний об'єм робочого розчину з масовою концентрацією амоній-йонів 5 мг/дм³, піпетками додають 0,5-1,0 см³ розчину солі сегнетової або розчину трилону Б, 1 см³ реактиву Несслера і доводять об'єм розчину до позначки водою безаміачною, ретельно перемішують.

У такий спосіб готують усі градуювальні розчини.

Холосту пробу готують додаванням у мірну колбу місткістю 50 см³ приблизно 10 см³ води безаміачної, піпетками 0,5 - 1,0 см³ розчину солі сегнетової або розчину трилону Б, 1 см³ реактиву Несслера. Доводять об'єм розчину до позначки водою безаміачною, ретельно перемішують.

Відомості про необхідні піпетки, об'єми вихідного розчину для приготування розчинів для побудови градуювальної характеристики, відповідні масові концентрації амоній-іону у цих розчинах наведено у таблиці 6.1.

Для кожного значення масової концентрації амоній-йонів готують серію з п'яти градуювальних розчинів.

Виконання вимірювань оптичної густини проводять через 10 хвилин після завершення процедури приготування градуювальних розчинів.

Таблиця 6.1 – Відомості про розчини для побудови градуювальної характеристики

№ розчину для побудови градуювальної характеристики	Номінальна місткість піпетки, см ³		Об'єм робочого розчину, см ³	Масова концентрація амоній-йонів у розчині для побудови градуювальної характеристики, С _{гр} , мг/дм ³
	1	2		
1	1,0	–	1,0	0,1
2	2,0	–	2,0	0,2
3	–	5,0	3,0	0,3
4	–	5,0	4,0	0,4
5	5,0	–	5,0	0,5
6	10,0	–	10,0	1,0
7	20,0	–	20,0	2,0
8	–	50,0	30,0	3,0
9	–	50,0	40,0	4,0

Побудова градуювального графіка

Вимірюють оптичну густину градуювальних розчинів і холостої проби за допомогою фотоелектроколориметра, підготовленого відповідно до вимог у паспорті, з використанням довжини хвилі 425 нм для КФК-3 або світлофільтру 440 нм для КФК-2 (розчин порівняння – вода безаміачна). Для вимірювання оптичної густини градуювальних розчинів №1 - №5 (0,1 - 0,5 мг/дм³) використовують кювети з оптичною довжиною шляху 50 мм. Для вимірювання

оптичної густини градуювальних розчинів №5 - №9 (0,5 - 4,0 мг/дм³) використовують кювети з робочою довжиною 10 мм. Для кожного значення масової концентрації виконують по п'ять паралельних вимірювань оптичної густини відповідно до кількості градуювальних розчинів у серії. Оптичну густину холостої проби віднімають від оптичної густини градуювального розчину. Одержані результати записують у таблицю 6.2.

Таблиця 6.2 – Результати дослідів

Об'єм робочого розчину, мл	Концентрація іонів-амонію, мг/дм ³	D	$D - D_x$

Градуювальний графік будують у координатах: оптична густина – вміст іонів амонію, мг/дм³, з урахуванням поправки на холосту пробу.

Встановлення масової концентрації амоній-іонів у досліджуваній пробі води

У мірну колбу місткістю 50 см³ вміщують 40 см³ підготованої вихідної проби (або менший її об'єм у залежності від вмісту амоній-йонів), піпеткою додають 0,5-1,0 см³ розчину солі сегнетової або розчину трилону Б, 1 см³ реактиву Несслера. Доводять об'єм до позначки водою безаміачною, ретельно перемішують.

Виконання вимірювань оптичної густини проводять через 10 хвилин після завершення процедури приготування розчину. Оптичну густину холостої проби віднімають від оптичної густини підготовленої проби.

Обчислення результатів вимірювання

Масову концентрацію амоній-йонів в аліквоті проби, мг/дм³ знаходять за допомогою попередньо встановлених параметрів відповідної градуювальної характеристики. Результат записують до третьої значущої цифри.

Результат одиничного вимірювання масової концентрації амоній-йонів у вихідній пробі, C_i , мг/дм³ знаходять за формулою (6.1):

$$C_i = \frac{C_{гр} \times k \times 50}{V} \quad (6.1)$$

$C_{гр}$ – масова концентрація амоній-іонів, знайдена за допомогою попередньо розрахованих параметрів градуювальної характеристики, мг/дм³;

k – ступінь попереднього розбавлення вихідної проби ($k = 1$, якщо попереднє розбавлення вихідної проби не проводили);

50 – об'єм мірної колби, яку використовують для підготовки аліквоти проби до фотоколориметрування, см³;

V – об'єм аліквоти проби (попередньо розбавленої проби), взятий для аналізу, см³;

i – номер одиничного вимірювання, $i = 1, 2$.

Результат обчислень за формулою (6.1) заокруглюють і записують до

другої значущої цифри.

Результат вимірювань масової концентрації амоній-іонів розраховують за формулою (7.2) як середнє арифметичне результатів двох паралельних одиничних вимірювань ρ_1, ρ_2

$$\rho = \frac{\rho_1 + \rho_2}{2} \quad (6.2)$$

відносна розбіжність між якими при довірчій ймовірності 0,95 не перевищує значення нормативу оперативного контролю збіжності, $d_{зб}$, %:

$$\frac{2 \rho_1 - \rho_2}{\rho_1 + \rho_2} \leq 0,01 \times d_{зб} \quad (6.3)$$

Для масових концентрацій амоній-іонів від 0,1 до 0,5 мг/дм³ включно значення нормативу оперативного контролю збіжності при довірчій ймовірності $P = 0,95$ становить 40 %;

Для масових концентрацій амоній-іонів понад 0,5 до 50 мг/дм³ включно значення нормативу оперативного контролю збіжності при довірчій ймовірності $P = 0,95$ становить 10 %.

6.4 Висновок: визначена концентрація іонів амонію у воді, яка складає ... мг/дм³, що (не) перевищує допустимого значення (див. додаток Б).

Контрольні питання

1. У якій формі міститься аміак у воді?
2. Скільки складає допустима концентрація у водоймах рибогосподарського призначення для різних форм аміаку?
3. В чому полягає небезпека аміаку для людини та довкілля?
4. Яка якісна реакція лежить в основі фотометричного визначення аміаку у стічних водах?
5. Як консервують відібрану для аналізу воду?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 7

Визначення концентрації хлорид-іонів у ґрунті титриметричним методом

7.1 Мета: засвоїти методику вимірювання масової частки хлоридів у ґрунті титриметричним методом.

7.2 Короткі теоретичні відомості

Ґрунт – це поверхневий шар земної кори, який сформувався сумісною дією клімату, рослинності, ґрунтових організмів. Із гігієнічної точки зору найбільше значення має орний шар, так як з його поверхнею контактує людина (ґрунтове повітря, ґрунтовий пил), вирощуються сільськогосподарські рослини, які вживаються в їжу. Однак великий інтерес має і шар ґрунту, який розташований до першого водотривкого горизонту. Від його хімічного складу залежить якість підземних вод.

Ґрунт – це особливе природне утворення, верхній тонкий шар земної поверхні, придатний для життя рослин. Він складається з речовин у трьох агрегатних станах: твердому (мінерали, шматочки порід, органічні рештки), рідкому (вода з розчиненими в ній речовинами) й газоподібному (повітря і гази, що вивільняються завдяки хімічним і біохімічним реакціям у ґрунті). Ґрунт – середовище життя найпростіших, бактерій, грибів, черв'яків, комах тощо, які його переробляють, змінюючи фізичний стан і хімічний склад.

Мета вивчення екологічного стану ґрунтів – оволодіння методами аналізу основних властивостей ґрунтів, які визначають їх родючість, опанування методик контролю за їх станом. Хімічні інгредієнти, які входять до складу ґрунтів, з погляду аналітичного визначення можна поділити на три групи. До першої належать компоненти, які становлять мінеральну частину, а також органічних сполук; для їх визначення тверду пробу слід повністю перевести в розчин. Другу групу утворюють біологічно активні та доступні для рослин компоненти, що їх вилучають із ґрунтів дією певних розчинників. До третьої групи входять неорганічні та органічні токсичні речовини – антропогенні забруднювачі ґрунтів, визначення яких вимагає переведення їх у розчинений стан обробленням спеціальними розчинниками.

Ґрунти перерозподіляють значну кількість атмосферної вологи і таким чином регулюють водний баланс суші. Вони є біологічним фільтром та нейтралізатором багатьох антропогенних забруднень і здатні до самоочищення. Самоочищення рослин від токсикантів здійснюється як за рахунок їх транспірації (випаровування) з поверхні листя та стебел, так і завдяки щорічному листопаду, що, в свою чергу, може сприяти вторинному забрудненню ґрунту в місцях накопичення листя.

Внаслідок збільшення кількості населення, споживання енергетичних та інших матеріальних ресурсів утворюється велика кількість твердих та рідких промислових відходів. У них містяться різні токсичні речовини, що негативно впливають як на здоров'я людей, так і на розвиток рослин і тварин. Спалювання кам'яного вугілля в теплоенергетиці пов'язане з утворенням значної кількості шлаків, попелу та сажі. Відвали потужної електростанції

знецінують 400 – 800 га родючих земель. У значних кількостях викидаються в атмосферне повітря оксиди сульфуру, нітрогену та радіонукліди, які, врешті, з атмосферними опадами потрапляють у ґрунти. Відпрацьовані гази двигунів внутрішнього згоряння містять значну кількість оксидів карбону, нітрогену, а також плумбум та вуглеводні, які осідають на поверхні ґрунту. Невпинно зростає кількість побутових відходів.

В Україні за 2019 рік (без урахування даних АР Крим та м. Севастополь) утворилось майже 53 млн. м³ побутових відходів, або понад 10 млн т, які захоронюються на 6 тис. сміттєзвалищ і полігонів загальною площею майже 9 тис. га.

Значний обсяг забруднень потрапляє в ґрунти та водойми з тваринницьких ферм. Щорічно зменшуються площі родючих ґрунтів. Внаслідок надмірного використання мінеральних добрив, хімічних препаратів для боротьби з шкідниками та хворобами сільськогосподарських рослин, розорювання, меліорації та зрошування ґрунти деградують та перенасичуються шкідливими речовинами – фосфором, азотом, стронцієм, ураном, залізом, 93 ртуттю, міддю, цинком, свинцем, кадмієм, хромом тощо. Характерною особливістю ґрунтів та літосфери є те, що забруднення переміщуються в них природним шляхом значно повільніше, ніж у гідросфері й атмосфері. Тому відбувається концентрування токсичних речовин і подальша їх міграція у різні середовища в процесі біологічного та геохімічного кругообігів.

Ґрунти як об'єкт охорони, контролю та керування якістю мають специфічні особливості порівняно з іншими об'єктами природного середовища. Вони менш рухомі, ніж атмосферне повітря чи поверхневі води, а тому їм не властиве таке могутнє природне самоочищення, як розбавлення. Антропогенні забруднення, що потрапляють до ґрунту, накопичуються, а ефекти підсумовуються з одночасним можливим утворенням більш токсичних речовин, ніж вихідні компоненти. Ґрунти безпосередньо не впливають на здоров'я людини, як атмосферне повітря чи вода. Несприятливий їх вплив виявляється в тому, що шкідливі речовини, які потрапляють у них, накопичуються в сільськогосподарських рослинах. Тому, окрім нормативу ГДК, використовують норматив допустимої залишкової кількості поллютантів у ґрунтах, харчових і кормових продуктах.

Гігієнічний аналіз ґрунтів включає в себе санітарно-топографічне обстеження місцевості, фізико-хімічний аналіз, санітарно-бактеріологічне, вірусологічне, гельмінтологічне, санітарно-токсикологічне та радіометричне дослідження. Фізико-хімічні дослідження полягають у визначенні відношення вмісту загального нітрогену до органічного, кислотності, біохімічного споживання кисню, окиснюваності, сухого залишку, втрат під час прожарювання, сульфатів, хлоридів, вмісту важких металів тощо.

Ґрунт – система, яка керує обміном речовин у природі, основа процесу трансформації сонячної енергії, оскільки він приймає участь у фотосинтезі рослин, які акумулюють колосальну кількість сонячної енергії, зв'язаній у масі рослинної органічної речовини, наземна рослинність акумулює біля

$0,5 \cdot 10^{15}$ кВт/рік енергії. Ґрунт не тільки трансформує енергію, але й формує якість основних джерел господарсько-питного водопостачання, до яких відносяться ґрунтові води, а також води рік озер та водосховищ.

Хімічні сполуки, що знаходяться у ґрунті, змиваються з його поверхні у відкриті водойми або мігрують у глибину ґрунту. За хімічним складом ґрунтових вод можна судити про хімічний склад ґрунту. В підземні води вимиваються як ендегенні хімічні речовини (властиві для типу даного ґрунту), так і екзогенні (штучно створені та перерозподілені людиною). До останніх належать пестициди, мінеральні добрива, солі важких металів і т. і.

На ґрунти діють природні і антропогенні фактори. Найбільш негативно позначається на їх стані саме антропогенна діяльність: розміщення промислових побутових відходів; сільськогосподарське виробництво, пов'язане із внесенням мінеральних добрив, засобів боротьби зі шкідниками рослин та бур'янами; будівельні дорожно-ремонтні роботи на територіях міст і сіл, меліоративні роботи та ін.

Засолення ґрунтів – процес накопичення у верхніх горизонтах ґрунту надлишку шкідливих для рослин та мікроорганізмів солей.

У природних умовах засолення ґрунтів відбувається внаслідок насичення солями ґрунтових вод, які по ґрунтових капілярах піднімаються вгору і випаровуються. При цьому на поверхні ґрунту або верхньому горизонті залишаються розчинені солі.

У процесі господарської діяльності людина може підсилити природне засолення ґрунтів. Таке явище називається вторинним засоленням і розвивається воно при надмірному поливі зрошувальних земель у засушливих районах. У світі вторинного засолення зазнає близько 30 % зрошувальних земель. Засолення ґрунтів послаблює їхню функцію підтримання біологічного кругообігу речовин. Зникає багато видів рослинних організмів, з'являються нові рослини – галофіти (солелюбні). Зменшується генофонд наземних популяцій у зв'язку з погіршенням умов життя організмів, посилюються міграційні процеси.

На території України засолені ґрунти поширені в зонах сухого степу, степу та лісостепу. Природно засолені ґрунти приурочені до території з близьким заляганням соленосних порід та мінералізованих підґрунтових вод. Вторинно засолені ґрунти поширені в районах зрошувального землеробства – як наслідок застосування бездренажного зрошення або зрошення мінералізованими водами. З водорозчинних солей у засолених ґрунтах найчастіше зустрічаються Na_2CO_3 , NaHCO_3 , NaCl , MgCl_2 , CaCl_2 , Na_2SO_4 , MgSO_4 . Найтоксичнішими для рослин є карбонати натрію та хлориди, а найменш токсичними – сульфати. Такі солі, як CaCO_3 , MgCO_3 і CaSO_4 , для рослин не шкідливі.

Тип та ступінь засолення ґрунтів можна швидко та досить точно визначити, застосовуючи аналіз водної витяжки з ґрунту.

Про спрямованість сольового режиму ґрунтів (відбувається процес засолення чи розсолення) можна судити за характером аніонного складу водної

витажки. Хлоридний тип засолення характерний для ґрунтів з прогресивним соленакопиченням, хлоридно-сульфатний – для ґрунтів проміжного ряду, а сульфатний – для ряду розсолення (за наявності акумуляції гіпсу).

Боротьба з засоленням включає в себе комплекс профілактичних заходів, спрямованих на регулювання сольового режиму ґрунтів залежно від потреб рослин до складу ґрунтів. Система профілактичних заходів охоплює спорудження зрошувальних систем з проведенням протифільтраційних робіт, побудову дренажу, оптимізацію поливного режиму, підбір солестійких культур і дотримання технологій їх вирощування тощо. Оптимальна концентрація легкорозчинних солей в ґрунтових розчинах не повинна перевищувати 5 – 6 г/л.

В лабораторній роботі визначається вміст хлорид-іонів у ґрунті за ДСТУ 7908:2015 «Якість ґрунту. Визначення хлорид-іона у водній витяжці».

7.3 Експериментальна частина

Підготовка зразків ґрунту до лабораторних досліджень

Більшість аналізів ґрунту проводять у повітряносухих зразках. Відібраний у полі зразок переносять в окреме чисте, сухе приміщення та очищують від коріння й інших органічних решток і включень. За наявності брил їх розламують руками до грудочок діаметром 3 – 5 мм. Очищений зразок розстилають тонким шаром на папері й висушують 10 – 14 днів. З висушеного зразка беруть середню пробу, для чого його ретельно перемішують, розсипають і формують на папері у вигляді квадрата або прямокутника й ділять по діагоналях на чотири рівні частини. Дві протилежні частини висипають у картонну коробку, а дві інші змішують. Операцію повторюють доки маса середньої проби не становитиме 300 – 400 г. Ґрунт, що не увійшов до середньої проби, зберігають нерозтертим. Середню пробу ділять на три частини. Для цього ґрунт ретельно змішують і розсипають рівним шаром на папері у вигляді прямокутника, ділять вертикальними і горизонтальними лініями на невеликі квадрати розміром 3x3 або 4x4 см і з кожного квадрата шпателем беруть невелику кількість ґрунту, яку зсипають в одну пробу з таким розрахунком, щоб її маса дорівнювала близько 5 – 10 г. З відібраної таким способом проби ретельно відбирають корінці (за допомогою пінцета і лупи). Далі ґрунт розтирають в агатовій ступці і просівають крізь сито з отворами діаметром 0,25 мм. Одержану пробу зберігають у паперовому пакеті, з неї беруть наважку для визначення гумусу і загального нітрогену, фосфору та калію. Аналогічно відбирають середню пробу для визначення гранулометричного складу ґрунту масою 30 – 40 г цієї частини ґрунту. Невеликі порції розтирають у порцеляновій ступці товчачиком з гумовим наконечником, просівають крізь сито з отворами діаметром 1 мм і зберігають у паперовому пакеті. Решту зразка ґрунту (250 – 350 г) готують таким самим способом і зберігають у склянці з притертою пробкою. З цієї частини зразка беруть наважки для інших лабораторних аналізів.

Приготування водної витяжки із ґрунту

Для приготування водної витяжки на техніко-хімічних терезах зважують 100 г повітряно сухої проби ґрунту і за допомогою лійки пересипають в конічну колбу місткістю 500 мл. Приливають 500 мл прокип'яченої і охолодженої дистильованої води і добре збовтують протягом 5 хвилин. За цей час водорозчинні солі переходять у розчин або утворюють суспензію. Утворений розчин фільтрують через складчастий фільтр у суху колбу. На початку фільтрування фільтрат може бути не зовсім прозорий, тому повторюють фільтрування декілька разів.

Визначення хлорид-іонів

Пробу водної витяжки об'ємом від 2 до 20 мл відбирають піпеткою в мірну колбу, приливають дистильовану воду до об'єму 30 мл, 1 мл калій хромату з масовою часткою 10 % і титрують розчином 0,1 н аргентум нітрату до переходу забарвлення від жовтого до червоно-бурого.

Обробка результатів

Кількість еквівалентів хлорид іонів (X), ммоль в 100 г ґрунту, розраховують за формулою

$$X = \frac{V \cdot c \cdot 500}{V_1}, \quad (7.1)$$

де V – об'єм розчину аргентум нітрату, який пішов на титрування, см³;

c – концентрація розчину аргентум нітрату, ммоль/см³;

500 – коефіцієнт перерахунку на 100 г ґрунту;

V_1 – об'єм проби водної витяжки, см³;

Масову частку хлорид іонів в ґрунті (X_1) у відсотках вираховують за формулою:

$$X_1 = C \cdot 0,0355, \quad (7.2)$$

де C – кількість еквівалентів хлорид іонів в ґрунті, ммоль в 100 г;

0,0355 – коефіцієнт перерахунку у відсотках.

За результат аналізу приймаються значення одиничного визначення хлорид іонів.

Результат висловлюють в ммоль в 100 г ґрунту і у відсотках з заокругленням до трьох значимих цифр.

Значення нормативу оперативного контролю збіжності при довірчій ймовірності $P = 0,95$ не перевищує 21 % для кількості еквівалентів хлорид іонів 2 ммоль в 100 г ґрунту, 7 % – більше 2 ммоль в 100 г ґрунту.

7.4 Висновки. Титриметричним методом визначили вміст хлорид-іонів в ґрунті, який складає...

Контрольні питання

1. Назвіть види діяльності людини, яка негативно впливає на стан ґрунтів.
2. Що таке засоленість ґрунтів? Чим вона зумовлена?
3. В якому агрегатному стані перебувають речовини, які входять до складу ґрунту?
4. Яким чином готуються зразки ґрунту до лабораторних досліджень?
5. Які водорозчинні солі присутні у засолених ґрунтах?
6. На яких територіях природно поширені засолені ґрунти?
7. Який аналітичний метод аналізу застосовується в лабораторній роботі для визначення вмісту хлоридів у ґрунті?

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Бойчук Ю. Д. Екологія і охорона навколишнього середовища : навч. посіб. / Ю. Д. Бойчук, Е. М. Солошенко, О. В. Бугай. – Суми : Університетська книга, 2018. 315 с.
2. Волошина Н. О. Загальна екологія та неоекологія: навч. посіб. – Київ : НПУ імені М. П. Драгоманова, 2015. 335 с.
3. Охорона навколишнього середовища : метод. вказ. до виконання лаб. робіт для студентів напряму підготовки 6.051701 «Харчові технології та інженерія» / уклад.: О. М. Савченко, О. І. Сиза, В. М. Челябієва. – Чернігів: ЧНТУ, 2016. – 101 с.
4. Танащук Л.І. Основи загальної екології. Лаборатор. практикум: Навч. посіб. – К.: НУХТ, 2005. – 161 с.
5. Екологія: підруч. для студентів ВНЗ / за заг. ред. О. Є. Пахомова. – Х. : Фоліо, 2014. 667 с.
6. Per Olof Persson et al. Cleaner Production–strategies and technology for environmental protection. Industrial Ecology, KTH, Stockholm 2011. – 434 p.
7. Екологічна безпека: Підручник / В.М. Шмандій [та інш.]. – Херсон: Олді-плюс, 2013. 366 с.
8. Крайнюков ,О.М. Моніторинг довкілля: підручник / О.М. Крайнюков. – Харків: ХНУ ім. В.Н. Каразіна, 2009. 176 с.
9. Злобін Ю. А. Загальна екологія : навч. посіб. для студентів ВНЗ / Ю. А. Злобін, Н. В. Кочубей. – Суми : Університетська книга, 2018. 414 с.

Допоміжна

1. Постанова Кабінету міністрів України від 14 серпня 2019 р. № 827 «Деякі питання здійснення державного моніторингу в галузі охорони атмосферного повітря»
2. Закон України «Про охорону атмосферного повітря» від 16.10.1992 р. № 2707-XII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2707-12>
3. Закон України «Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 року» від 28.02.2019 р. № 2697-VIII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2697-19>
4. Качество атмосферного воздуха и здоровье. Основные факты. Информационный бюллетень. Всемирная организация здравоохранения. 02 мая 2018 года. URL: [https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-qualityand-health](https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-qualityand-health)
5. Статистичний збірник «Довкілля України за 2017 рік» / За ред. О. М. Прокопенко. Державна служба статистики України. К., 2018. URL: http://www.ukrstat.gov.ua/druk/publicat/kat_u/2018/zb/11/zb_du2017.pdf

Таблиця А.1 – Гранично допустимі концентрації хімічних і біологічних речовин в атмосферному повітрі населених місць (наказ Міністерства охорони здоров'я України від 14 січня 2020 року № 52)

№ з/п	Найменування речовини	CAS №	Гранично допустима концентрація, мг/м ³		Клас небезпеки
			максимально разова	середньодобова	
1	2	3	4	5	6
1.	Азоту діоксид	10102-44-0	0,2	0,04	3
2.	Азоту оксид	11104-93-1	0,4	0,06	3
3.	Азоту трифторид	7783-54-2	0,4	0,2	3
4.	Акрилонітрил	107-13-1	-	0,03	2
5.	Акролеїн	107-02-8	0,03	0,03	2
6.	Аліл хлористий	107-05-1	0,07	0,01	2
7.	Аліловий ефір оцтової кислоти (алілацетат)	591-87-7	0,4	-	3
8.	Алкілдиметиламіни C ₁₇ -C ₂₀		0,01	-	3
9.	Алкілсульфат натрію	68955-19-1	0,01	-	4
10.	Альдегід бензойний (бензальдегід)	100-52-7	0,04	-	3
11.	Альдегід валеріановий	110-62-3	0,03	-	4
12.	Альдегід енантовий	111-71-7	0,01	-	3
13.	Альдегід ізомасляний (2-метилпропаналь)	78-84-2	0,01	-	4
14.	Альдегід каприловий	124-13-0	0,02	-	2
15.	Альдегід капринний	112-31-2	0,02	-	2

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4	5	6
16.	Альдегід капроновий	66-25-1	0,02	-	2
17.	Альдегід кротоновий (b-метилакролеїн, 2-бутеналь, метилпропеналь)	123-73-9	0,005	0,001	1
18.	Альдегід масляний	123-72-8	0,015	0,015	3
19.	Альдегід пеларгоновий	124-19-6	0,02	-	2
20.	Альдегід пропіоновий (пропаналь)	123-38-6	0,01	-	3
21.	Альфа-3 (діюча речовина - дихлороцтовий кальцій)		3	0,3	4
22.	Алюмінію нітрат	13473-90-0	-	0,006	4
23.	Алюмінію оксид (в перерахунку на алюміній)	1344-28-1	-	0,01	2
24.	Алюмінію сульфат	10043-01-3	-	0,006	4
25.	Алюмінію хлорид	7446-70-0	-	0,006	4
26.	Амбуш (3-феноксibenзол /±/цис,транс-3/2,2-диметил-3/2,2-дихлорвініл/циклопропанкарбоксилат)	52645-53-1	0,05	0,02	3
27.	Аміак	7664-41-7	0,2	0,04	4
28.	Аміл бромистий (1-бромпентан)	110-53-2	0,03	0,01	2
29.	n-Амілацетат	628-63-7	0,1	0,1	4
30.	Амілени (суміш ізомерів)	109-67-1	1,5	1,5	4
31.	Аміни аліфатичні C ₁₅ -C ₂₀		0,003	0,003	2
32.	5,6 Аміно-(2-параамінофеніл) бензімідазол	7621-86-5	-	0,01	3
33.	2-Аміно-1,3,5 -триметилбензол	88-05-1	0,003	0,003	2

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4	5	6
	(мезидін)				
34.	Амінтриацетонамін	36768-62-4	0,05	0,02	3
35.	Амонію нітрат (аміачна селітра)	6484-52-2	-	0,3	4
36.	Амонію персульфат	7727-54-0	0,06	0,03	3
37.	Амонію сульфат	7783-20-2	0,2	0,1	3
38.	Амофос (суміш моно- і діамоній фосфату з домішкою сульфату амонію)	12735-97-6	2	0,2	4
39.	Ангідрид вольфрамовий	1314-35-8	-	0,15	3
40.	Ангідрид малеїновий (пара, аерозоль)	108-31-6	0,2	0,05	2
41.	Ангідрид оцтовий	108-24-7	0,1	0,03	3
42.	Ангідрид сірчистий	7446-09-5	0,5	0,05	3
43.	Ангідрид фосфорний	1314-56-3	0,15	0,05	2
44.	Ангідрид фталевий (пара, аерозоль)	85-44-9	0,1	0,1	2
45.	Анілін	62-53-3	0,05	0,03	2
46.	Арилокс-100	24938-67-8	0,5	0,15	4
47.	Арилокс-200	24938-67-8	0,5	0,15	4
48.	Ацетальдегід	75-07-0	0,01	0,01	3
49.	п-Ацетамінофенол (парацетамол)	103-90-2	-	0,04	4
50.	Ацетон	67-64-1	0,35	0,35	4
51.	Ацетофенон	98-86-2	0,003	0,003	3

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4	5	6
52.	Бактеріальний інсектицидний препарат (БП) (діюча основа - спорово-кристалічний комплекс бацилус туренгієнзис, варіант кауказикус)	513-77-9	-	$1,5 \times 10^5$ мікробних тіл/м ³ (0,005 мг/м ³)	2
53.	Барій вуглекислий (у перерахунку на барій)	513-77-9	-	0,004	1
54.	Бенз(а)пірен	50-32-8	-	0,1 мкг / 100 м ³	1
55.	Бензилацетат	140-11-4	0,01	-	4
56.	Бензин (нафтовий, малосірчистий - у перерахунку на вуглець)	8032-32-4	5	1,5	4
57.	Бензин сланцевий (у перерахунку на вуглець)		0,05	0,05	4
58.	Бензинова фракція легкої смоли високошвидкісного піролізу бурого вугілля (у перерахунку на сумарний органічний вуглець)		0,25	-	2
59.	Бензол	71-43-2	1,5	0,1	2
60.	Бензолсульфокислоти метиловий ефір	80-18-2	0,01	-	4
61.	Бензолхлорсульфаміду натрієва сіль (хлорамін Б)	127-52-6	0,03	-	3
62.	2-Бензотіазолілсульфенморфолід (сульфенамід М)	102-77-2	0,1	0,02	3
63.	Бензотрифторид	98-08-8	0,3	-	4
64.	Білок пилу білково-вітамінного концентрату (БВК)		-	0,001	2
65.	Біоресметрин	28434-01-7	0,09	0,04	3

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4	5	6
66.	Бітоксисабацилін (діюча основа - спорово-кристалічний комплекс бацилус туренгієнзис, варіант кауказикус)	68038-71-1	-	$4,5 \times 10^4$ мікробних тіл/м ³ (0,0015 мг/м ³)	2
67.	Борат кальцію	13701-61-6	-	0,02	3
68.	Бром	7726-45-6	-	0,04	2
69.	о-Броманізол	578-57-4	1	-	4
70.	Бромбензол	108-86-1	-	0,03	2
71.	1-Бромнафталін	90-11-9	-	0,004	2
72.	м-Бромфенол	591-20-8	0,08	0,03	3
73.	о-Бромфенол	95-56-7	0,13	0,03	2
74.	п-Бромфенол	106-41-2	0,13	0,03	2
75.	1,3-Бутадієн (дивініл)	106-99-0	3	1	4
76.	Бутан	106-97-8	200	-	4
77.	Бутил бромистий (1-бромбутан)	109-65-9	0,03	0,01	2
78.	Бутил хлористий	109-69-3	0,07	-	1
79.	Бутилацетат	123-86-4	0,1	0,1	4
80.	Бутилен	106-98-9	3	3	4
81.	Бутилметакрилат	97-88-1	0,04	0,01	2
82.	Бутиловий ефір акрилової кислоти (бутилакрилат)	141-32-2	0,0075	-	2
83.	2-Бутилтіобензотіазол (бутилкаптакс)	2314-17-2	0,015	-	3

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4	5	6
84.	Ванадію п'ятиоксид	1314-62-1	-	0,002	1
85.	Вінілацетат	108-05-4	0,15	0,15	3
86.	Вісмуту оксид	7440-69-9	-	0,05	3
87.	Водень бромистий	10035-10-6	1	0,1	3
88.	Водень миш'яковистий	7784-42-1	-	0,002	2
89.	Водень фосфористий	3803-51-2	0,01	0,001	2
90.	Водень хлористий (соляна кислота) за молекулою HCl	7647-01-0	0,2	0,2	2
91.	Водень ціанистий (синильна кислота)	74-90-8	-	0,01	2
92.	Вольфрамат натрію (у перерахунку на вольфрам)	10213-10-2	-	0,1	3
93.	Вугільна зола теплоелектростанцій (з вмістом оксиду кальцію 35-40 %, дисперсністю до 3 мкм не менше 97 %)		0,05	0,02	2
94.	Вуглеводні насичені C ₁₂ - C ₁₉ (розчинник РПК-26511 та ін.) у перерахунку на сумарний органічний вуглець		1	-	4
95.	Вуглець чотирьоххлористий	56-23-5	4	0,7	2
96.	Вуглецю оксид	630-08-0	5	3	4
97.	Гаприн (за специфічним білком)		-	0,0002	2
98.	Гексаметилендіамін	124-09-4	0,001	0,001	2
99.	Гексаметилендіамінадипінат (сіль АГ)	94289-34-6	0,07	0,07	3

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4	5	6
100.	Гексаметиленімін	111-49-9	0,1	0,02	2
101.	Гексаметиленімін м-нітробензоат (інгібітор корозії Г-2)	7270-73-7	0,02	-	3
102.	Гексан	110-54-3	60	-	4
103.	Гексатіурам (50 % тіурам, 30 % гексахлорбензол, 20 % наповнювач)	61512-80-9	0,05	0,01	3
104.	Гексафторбензол	392-56-3	0,8	0,1	2
105.	1,2,3,4,7,7-Гексахлорбіцикло (2,2,1)-гептен-2,5,6-біс(оксиметил) сульфід (тіодан)	115-29-7	0,017	0,0017	2
106.	Гексахлоретан	67-72-1	-	0,05	3
107.	Гексахлорциклогексан (гексахлоран)	608-73-1	0,03	0,03	1
108.	Гексен	592-41-6	0,4	0,085	3
109.	Гексил бромистий (1-бромгексан)	11-25-1	0,03	0,01	2
110.	Гексиловий ефір оцтової кислоти (гексилацетат)	142-92-7	0,1	-	4
111.	Гептен	592-76-7	0,35	0,065	3
112.	Гептил бромистий (1-бромгептан)	629-04-9	0,03	0,01	2
113.	Германій діоксид (у перерахунку на германій)	1310-53-8	-	0,04	3
114.	2-(2'-Гідрокси-5'-метилфеніл) бензтриазол (беназол П, тінувін)	2440-22-4	-	0,2	4
115.	Гідроперекис ізопропілбензолу (гідроперекис кумолу)	80-15-9	0,007	0,007	2
116.	Данітол	39515-41-8	0,01	0,005	2

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4	5	6
117.	Дендробацилін		-	3×10^4 мікробних тіл/м ³	2
118.	Децил бромистий (1-бромдекан)	112-29-8	0,03	0,01	2
119.	Дибенз(а, h)антрацен	53-70-3	-	5 нг/м ³	1
120.	2,2-Дибензотіазолілдисульфід (альтакс)	120-78-5	0,08	0,03	3
121.	n-Дибромбензол	106-37-6	0,2	-	2
122.	1,2-Дибромпропан	78-75-1	0,04	0,01	3
123.	1,2-Дибромпропанол	96-13-9	0,003	0,001	2
124.	2,4-Дибромтолуол	31543-75-6	0,4	0,1	2
125.	Дивінілбензол технічний (суміш дивінілбензолу з етилстиролом) за етилстиролом	1321-74-0	0,01	-	4
126.	β -Дигідрогептахлор (ділор)	4168-01-05	0,01	0,005	2
127.	1,1-Дигідроперфторгептиловий ефір акрилової кислоти	559-11-5	0,5	-	3
128.	Дикетен	674-82-8	0,007	-	2
129.	Ди-p-ксилілен	1633-22-3	0,6	0,3	3
130.	1,3-Ди-(2,4-ксиліміно)-2-метил-2- азопропан (мітак)	33089-61-1	0,1	0,01	3
131.	Диметиладипінат	627-93-0	0,1	-	4
132.	Диметиламін	124-40-3	0,005	0,005	2
133.	Диметиламінобензоли (диметиланіліни, ксилідіни - суміш	1330-73-8	0,04	0,02	2

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4	5	6
	мета-, орто- і пара- ізомерів)				
134.	Диметиланілін	121-69-7	0,0055	0,0055	2
135.	N,N-Диметилацетамід	127-19-5	0,2	0,006	2
136.	3,3-Диметилбутан-2-он (пінаколін)	75-97-8	0,02	-	4
137.	2-(2,2-Диметилвініл)-3,3-диметилциклопропанкарбонової кислоти метиловий ефір (метиловий ефір хризантемової кислоти)	5460-63-9	0,07	-	3
138.	Диметилвінілкарбінол	115-18-4	1	-	3
139.	Диметилглутарат	1119-40-0	0,1	-	4
140.	Диметилдисульфід	624-92-0	0,7	-	4
141.	O,O-Диметил-O-(2-діетиламіно-6-метилпіримідил-4) тіофосфат (актелік)	29232-96-7	0,03	0,01	2
142.	4,4-Диметилдіоксан-1,3	766-15-4	0,01	0,004	2
143.	Диметилетаноламін	108-01-0	0,25	0,06	4
144.	O,O-Диметил-S-етилмеркаптоетил-дитіофосфат (N-81, екатин)	640-15-3	0,001	0,001	1
145.	Диметилізофталат	1459-93-4	-	0,01	2
146.	O,O-Диметил-S-(1,2-біс-карбетоксіетилдитіофосфат) (карбофос)	121-75-5	0,015	-	2
147.	O,O-Диметил-S-(N-метилкарбамідометил) дитіофосфат (фосфамід, рогор)	60-51-5	0,003	0,003	2
148.	O,O-Диметил-S-2(1-N-метилкарбомоїлетилтіоетилфосфат)	2275-23-2	0,01	0,01	2

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4	5	6
	(кільваль)				
149.	0,0-Диметил-S(N-метил-N-форміл карбомоїлметил) дитіофосфат (антіо)	2540-82-1	0,01	0,01	3
150.	0,0-Диметил-0-(4-нітрофеніл) тіофосфат (метафос)	298-00-0	0,008	-	1
151.	Диметиловий ефір терефталевої кислоти (диметилтерефталат)	120-61-6	0,05	0,01	2
152.	0,0-Диметил-(1-окси-2,2,2-трихлоретил) фосфонат (хлорофос)	52-68-6	0,04	0,02	2
153.	Диметилортофталат	131-11-3	0,03	0,007	2
154.	Диметилсукцинат	106-65-0	0,1	-	4
155.	Диметилсульфід	75-18-3	0,08	-	4
156.	3,3-Диметил-1-(1,2,4-триазоліл-1-)-1-(4-хлорфеноксид) бутанол-2 (триадіменол)	55219-65-3	0,07	0,01	3
157.	2,6-Диметилфенол (2,6-ксиленол)	576-26-1	0,02	0,01	3
158.	Диметилформаль (метилаль)	109-87-5	0,05	-	4
159.	Диметилформаїд	68-12-2	0,03	0,03	2
160.	Диморфоліндисульфід (N,N'-дитіодиморфолін, сульфазан Р)	103-34-4	0,04	-	2
161.	Дипропіламін	142-84-7	0,35	0,2	3
162.	Дитолілметан	1335-47-3	0,05	0,03	2
163.	2,4-Дитретаїлфеноксіоцтової кислоти хлорангідрид		0,035	-	3
164.	Дифторхлорметан (фреон-22)	75-45-6	100	10	4

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4	5	6
165.	3,4-Дихлоранілін	95-76-1	0,01	0,01	2
166.	4,4-Дихлордифенілсульфон	80-07-9	-	0,1	3
167.	4,4-Дихлордифенілтрихлорметил-карбінол (кельтан)	115-32-2	0,2	0,02	2
168.	Дихлордифторметан (фреон-12)	75-71-8	100	10	4
169.	Дихлоретан	107-06-2	3	1	2
170.	1,1-Дихлор-4-метилпентадієну- 1,3 (дієн-1,3)	55667-43-1	0,05	0,03	2
171.	2,3-Дихлор-1,4-нафтохінон (дихлон)	117-80-6	0,05	0,05	2
172.	1,2-Дихлорпропан	78-87-5	-	0,18	3
173.	2,3-Дихлорпропен	78-88-6	0,2	0,06	3
174.	1,3-Дихлорпропілен	542-75-6	0,1	0,01	2
175.	Дихлорфторметан (фреон-21)	75-43-4	100	10	4
176.	Дициклогексиламіну малорозчинна сіль (інгібітор корозії МСДА)	12795-24-3	0,008	-	2
177.	Дициклогексиламіну нітрит (інгібітор корозії НДА)	3129-91-7	0,02	-	2
178.	Діалкіламінопропіонітрил (ИФХАНГАЗ)		0,03	0,01	2
179.	Діамід вугільної кислоти (карбамід, мочеви́на)	57-13-6	-	0,2	4
180.	4,4-Діамінодифенілсульфон	129-65-1	-	0,05	3
181.	Діангідрид піромелітової кислоти	89-32-7	0,02	0,01	2
182.	Діетиламін	109-89-7	0,05	0,05	4

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4	5	6
183.	β -Діетиламіноетилмеркаптан	100-38-9	0,6	0,6	2
184.	N,N-Діетиланілін	91-66-7	0,01	-	4
185.	Діетилентриамін	111-40-0	0,01	-	3
186.	0,0-Діетил-0-(2-ізопропіл-4-метил-6-піриміділ) тіофосфат (базудін)	333-41-5	0,01	0,01	2
187.	Діетилкетон	96-22-0	0,5	0,3	3
188.	Діетиловий ефір	60-29-7	1	0,6	4
189.	Діетилртуть (у перерахунку на ртуть)	627-44-1	-	0,0003	1
190.	N,N-Діетил-м-толуїдін	91-67-8	0,01	-	2
191.	0,0-Діетил-S-(6-хлорбензоксазонілін-3-метил) дитіофосфат (фозалон)	2310-17-0	0,01	0,01	2
192.	Діетилхлортіофосфат	2524-04-1	0,025	0,01	2
193.	Дініл (суміш 25 % дифенілу і 75 % дифенілоксиду)	8004-13-5	0,01	0,01	3
194.	2,4,6,10-Додекатетраен	24330-32-3	0,002	-	4
195.	Додецилбензол (додецилбензен)	123-01-3	3,5	1,5	4
196.	Епіхлоргідрин	106-89-8	0,2	0,2	2
197.	Етил хлористий	75-00-3	-	0,2	4
198.	N-Етиланілін	103-69-5	0,01	-	4
199.	Етилацетат	141-78-6	0,1	0,1	4
200.	Етилбензол	100-41-4	0,02	0,02	3

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4	5	6
201.	2-Етилгексилакрилат	103-11-7	0,01	-	3
202.	Етилен	74-85-1	3	3	3
203.	Етиленімін	151-56-4	0,001	0,001	1
204.	Етиленсульфід	420-12-2	0,5	-	1
205.	Етилену оксид	75-21-8	0,3	0,03	3
206.	о-Етил-О-4-(метилтіо)феніл-пропілдитіофосфат (болстар)	35400-43-2	0,01	-	3
207.	Етиловий ефір акрилової кислоти (етилакрилат)	140-88-5	0,0007	-	3
208.	Етиловий ефір валеріанової кислоти (етилвалерат)	539-82-2	0,03	-	3
209.	N-Етил-м-толуїдин	91-67-8	0,01	-	2
210.	Етил-о-толуїдин	94-68-8	0,01	-	3
211.	Етоксистилакрилат	106-74-1	0,002	-	3
212.	Заліза оксид (у перерахунку на залізо)*	1309-37-1	-	0,04	3
213.	Заліза сульфат (у перерахунку на залізо)*	13463-40-6	-	0,007	3
214.	Заліза хлорид (у перерахунку на залізо)*	7705-08-0	-	0,004	2
215.	Зола сланцева		0,3	0,1	1
216.	Ізоаміл бромистий (1-бром-3-метилбутан)	107-82-4	0,03	0,01	2
217.	Ізобутенілкарбінол	123-51-3	0,075	-	4
218.	Ізобутил бромистий (1-бром-2-	78-77-3	0,03	0,01	2

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4	5	6
	метилпропан)				
219.	Ізобутиловий ефір оцтової кислоти (ізобутилацетат)	110-19-0	0,1	-	4
220.	Ізобутиронітрил	78-82-0	0,02	0,01	2
221.	Ізонікотинової кислоти гідразид (ізоніазид)	54-85-3	0,05	0,02	3
222.	Ізопрену олігомери (димери)	9003-31-0	0,003	-	2
223.	Ізопропіл бромистий (2-бромпропан)	75-26-3	0,03	0,01	2
224.	Ізопропілбензол (кумол)	98-82-8	0,014	0,014	4
225.	Ізопропіл-2-(1-метил-н-пропіл)- 4,6-динітрофенілкарбонат (акрекс)	373-21-7	0,02	0,002	2
226.	Інгібітор деревно-смоляної прямої гонки (ІДСПГ) - контроль за фенолом		0,006	0,006	3
227.	Індію нітрат (у перерахунку на індій)	13465-14-0	-	0,005	2
228.	Іод	7553-56-2	-	0,03	2
229.	Кадмій азотнокислий (у перерахунку на кадмій)	10022-68-1	-	0,0003	1
230.	Кадмій йодистий (у перерахунку на кадмій)	7790-80-9	-	0,0003	1
231.	Кадмію оксид (у перерахунку на кадмій)	1306-19-0	-	0,0003	1
232.	Кадмій сірчанокислий (у перерахунку на кадмій)	7790-84-3	-	0,0003	1
233.	Кадмій хлористий (у перерахунку	10108-64-2	-	0,0003	1

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4	5	6
	на кадмій)				
234.	Калію карбонат (поташ)	584-08-7	0,1	0,05	4
235.	Калію ксантогенат бутиловий	871-58-9	0,1	0,05	3
236.	Калію ксантогенат етиловий	140-89-6	0,05	0,01	2
237.	Калію ксантогенат ізобутиловий	13001-46-2	0,1	0,05	3
238.	Калію ксантогенат ізопропіловий	140-92-1	0,1	0,05	3
239.	Кальцію ацетат	62-54-4	-	0,05	3
240.	Кальцію гідроксид	1305-62-0	-	0,05	3
241.	Кальцію карбонат	471-34-1	-	0,05	3
242.	Кальцію оксид	1305-78-8	-	0,05	3
243.	Кальцію хлорид	10043-52-4	-	0,05	3
244.	Капролактам (пара, аерозоль)	105-62-2	0,06	0,06	3
245.	Карбонат циклогексиламіну (КЦА)	20227-92-3	0,07	-	3
246.	Кислота азотна за молекулою HNO ₃	7697-37-2	0,4	0,15	2
247.	Кислота акрилова	79-10-7	0,1	0,04	3
248.	Кислота ацетилсаліцилова (аспірин)	50-78-2	-	0,04	4
249.	Кислота борна	10043-35-3	-	0,02	3
250.	Кислота а-броммасляна	80-58-0	0,01	0,003	2
251.	Кислота валеріанова	109-52-4	0,03	0,01	3
252.	Кислота капронова	142-62-1	0,01	0,005	3
253.	Кислота масляна	107-92-6	0,015	0,01	3

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4	5	6
254.	Кислота метакрилова	79-41-4	0,03	0,01	3
255.	Кислота метиленбутандіонова (метилеянтарна, ітаконова)	97-65-4	1	0,3	4
256.	Кислота мурашина	64-18-6	0,2	0,05	2
257.	Кислота перфторвалеріанова	2706-90-3	0,1	-	3
258.	Кислота пропіонова	79-09-4	0,015	-	3
259.	Кислота себацінова	111-20-6	0,15	0,08	3
260.	Кислота сірчана за молекулою H_2SO_4	7664-93-9	0,3	0,1	2
261.	Кислота оцтова	64-19-7	0,2	0,06	3
262.	Кислота терефталева	100-21-0	0,01	0,001	1
263.	Кислота ціанурова	108-80-5	0,02	0,01	2
264.	Кобальту ацетат (у перерахунку на кобальт)	71-48-7	-	0,001	2
265.	Кобальт металічний	7440-48-4	-	0,001	1
266.	Кобальту оксид	1307-96-6	-	0,001	2
267.	Кобальт сірчаноокислий (у перерахунку на кобальт)	10026-24-1	0,001	0,0004	2
268.	Композиція «Дон-52» (у перерахунку на ізопропанол)		0,6	-	3
269.	Ксилол	1330-20-7	0,2	0,2	3
270.	Лепідоцид	91932-29-5	-	3×10^5 мікробних тіл/м ³ (0,003 мг/м ³)	2

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4	5	6
271.	Магнію оксид	1309-48-4	0,4	0,05	3
272.	Магнію хлорат	10326-21-3	-	0,3	4
273.	Мазутна зола теплоелектростанцій (у перерахунку на ванадій)		-	0,002	2
274.	Марганець і його сполуки (у перерахунку на двоокис марганцю)	1313-13-9	0,01	0,001	2
275.	Міді оксид (у перерахунку на мідь)	1317-38-0	-	0,002	2
276.	Міді трихлорфенолят	25267-55-4	0,006	0,003	2
277.	Мідь сірчанокисла (у перерахунку на мідь)	18939-64-2	0,003	0,001	2
278.	Мідь сірчиста (у перерахунку на мідь)	14013-02-6	0,003	0,001	2
279.	Мідь хлориста (у перерахунку на мідь)	7758-89-6	-	0,002	2
280.	Мідь хлорна (у перерахунку на мідь)	7447-39-4	0,003	0,001	2
281.	Меліорант		0,5	0,05	4
282.	Меприн бактеріальний		0,01	-	2
283.	2-Меркаптобензотіазол (каптакс)	149-30-4	0,12	-	3
284.	2-Меркаптоетанол (монотіоетиленгліколь)	60-24-2	0,07	0,07	3
285.	Метальдегід (ацетальдегід тетрамер)	108-62-3	0,003	0,003	2
286.	Метилацетат	79-20-9	0,07	0,07	4
287.	Метилен бромистий	74-95-3	0,1	0,04	4

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4	5	6
288.	2-Метилбутадієн-1,3 (ізопрен)	78-79-5	0,5	-	3
289.	Метил-1-(бутилкарбамоіл)- 2-бензімідазолкарбамат (узген)	17804-35-2	0,35	0,05	3
290.	4-Метил-5,6-дигідропіран	27156-32-7	1,2	-	2
291.	Метилен йодистий	75-11-6	0,4	-	4
292.	4-Метилентетрагідропіран	36838-71-8	1,5	-	3
293.	Метилен хлористий	74-09-2	8,8	-	4
294.	Метилізобутилкарбінол	530-36-3	0,07	-	4
295.	Метилізобутилкетон	108-10-1	0,1	-	4
296.	Метилмеркаптан (метантиол)	74-93-1	0,0001	-	4
297.	Метилнітрофос	122-14-5	0,005	-	3
298.	Метиловий ефір акрилової кислоти (метилакрилат)	96-33-3	0,01	0,01	4
299.	Метиловий ефір валеріанової кислоти (метилвалерат)	624-24-8	0,03	-	3
300.	Метиловий ефір метакрилової кислоти (метилметакрилат)	80-62-6	0,1	0,01	3
301.	2-Метилпентеналь	623-36-9	0,007	-	1
302.	а-Метилстирол	98-83-9	0,04	0,04	3
303.	Метіонін	7005-18-7	0,6	-	3
304.	2-Метокси-2-метилпропан (метил-третинно-бутиловий ефір)	1634-04-4	0,5	-	4
305.	N-β-Метоксіетилхлорацетат-о-толуїдин (толуїн)	50563-41-2	0,03	-	3

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4	5	6
306.	Мікроорганізми-продуценти <i>Streptomyces avermitilis</i> ВНИИСХМ-54 (ІМВAc-50003)		5×10^2 КУО***/м ³	-	4
307.	Мільбекс (суміш: 1,1-біс-4-хлор- фенілетанол і п-хлорфеніл- 2,4,5- трихлорфенілазосульфід)	8072-20-6	0,2	0,1	3
308.	Молибден і його неорганічні сполуки (молибдену триоксид, парамолібдат амонію та ін.) (за молибденом)	7439-98-7	-	0,02	3
309.	Монобензилтолуол	620-47-3	0,02	-	2
310.	Моноетаноламін	141-43-5	-	0,02	2
311.	Моноетиламін	75-04-7	0,01	0,01	3
312.	Моноізобутиловий ефір етиленгліколю (бутилцелозольв)	4439-24-1	1	0,3	3
313.	Моноізопропіловий ефір етиленгліколю (пропілцелозольв)	109-59-1	1,5	0,5	3
314.	Монометиламін	74-89-5	0,004	0,001	2
315.	Монометиланілін	100-61-8	0,04	0,04	3
316.	Монопропіламін	107-10-8	0,3	0,15	3
317.	Монохлорпентафторбензол	344-07-0	0,6	0,1	3
318.	Миш'як, неорганічні сполуки (у перерахунку на миш'як)	7440-38-2	-	0,003	2
319.	Натрієва сіль монохлороцтової кислоти (натрію монохлорацетат)	3926-62-3	0,03	0,015	2
320.	Натрію сульфат	7757-82-6	0,3	0,1	3

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4	5	6
321.	Натрію сульфід	7757-83-7	0,3	0,1	3
322.	Натрію сульфід-сульфатні солі		0,3	0,1	3
323.	Нафталін	91-20-3	0,007	0,003	4
324.	1-Нафтил-N-метилкарбамат (севін)	63-25-2	-	0,002	2
325.	β -Нафтол	135-19-3	0,006	0,003	2
326.	α -Нафтохінон	130-15-4	0,005	0,005	1
327.	Нікель металічний	7440-02-0	-	0,001	2
328.	Нікель, розчинні солі (у перерахунку на нікель)	7440-02-0	0,002	0,0002	1
329.	Нікель сірчаноокислий (у перерахунку на нікель)	7786-81-4	0,002	0,001	1
330.	Нікелю оксид (у перерахунку на нікель)	1313-99-1	-	0,001	2
331.	Нітрили карбонових кислот C ₁₇ -C ₂₀		0,04	-	3
332.	Нітрили синтетичних жирних кислот фракцій C ₁₀ -C ₁₆		0,005	-	4
333.	Нітробензол	98-95-3	0,008	0,008	2
334.	m- Нітробромбензол	585-79-5	0,12	0,01	2
335.	N-Нітрозодиметиламін (диметилнітрозамін)	62-75-9	-	50 нг/м ³	1
336.	m-Нітрохлорбензол	121-73-3	0,004	0,004	2
337.	o-Нітрохлорбензол	88-73-3	0,004	0,004	2
338.	p-Нітрохлорбензол	100-00-5	0,004	0,004	2

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4	5	6
339.	3-Нітро-4-хлорбензотрифторид	121-17-5	0,005	-	3
340.	Озон	10028-15-6	0,16	0,03	1
341.	2,2-Оксидіетанол (діетиленгліколь)	111-46-6	-	0,2	4
342.	Окситетрациклін	2058-46-0	0,01	-	2
343.	Окситетрацикліну хлоргідрат	2058-46-0	0,01	-	2
344.	Октафтортолуол	434-64-0	1,3	-	4
345.	Олова діоксид (у перерахунку на олово)	18282-10-5	-	0,02	3
346.	Олова оксид (у перерахунку на олово)	21651-19-4	-	0,02	3
347.	Олова сульфат (у перерахунку на олово)	7488-55-3	-	0,02	3
348.	Олова хлорид (у перерахунку на олово)	7772-99-8	0,5	0,05	3
349.	Олов'янокислий натрію гідрат (у перерахунку на олово)	12058-66-1	-	0,02	3
350.	Парамолібдат амонію (у перерахунку на молібден)	12027-67-7	-	0,1	3
351.	Парахлорфенол	106-48-9	0,003	0,0015	2
352.	Пеніцилін	61-33-6	0,05	0,0025	3
353.	Пентадієн-1,3 (піперілен)	504-60-9	0,5	-	3
354.	Пентан	109-66-0	100	25	4
355.	Пентафторбензол	363-72-4	1,2	0,1	3
356.	Пентафторфенол	771-61-9	0,8	-	4

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4	5	6
357.	Перметрин	52645-53-1	0,07	0,02	3
358.	Перметринової кислоти метиловий ефір	61898-95-1	0,08	-	4
359.	Перфторгептан	335-57-9	90	-	4
360.	Перфтороктан	307-34-6	90	-	4
361.	Пивалоілоцтовий ефір	42957-17-5	0,2	-	3
362.	Пивалоілпіровиноградної кислоти метиловий ефір	55107-14-7	0,1	-	3
363.	Пил азбестовмісний (з вмістом хризотилазбесту до 10 %) за азбестом		-	0,06 волокон в 1 мл повітря	1
364.	Пил бавовни		0,2	0,05	3
365.	Пил зерновий		0,2	0,03	3
366.	Пил каїніту		0,5	0,1	3
367.	Пил калімагнезії (калімаг-40)		0,5	0,15	3
368.	Пил неорганічний, що містить двоокис кремнію в %: - більше 70 (дінас та ін.)		0,15	0,05	3
369.	- 70-20 (шамот, цемент та ін.)		0,3	0,1	3
370.	- нижче 20 (доломіт та ін.)		0,5	0,15	3
371.	Пил поліметалічний свинцево-цинкового виробництва (з вмістом свинцю до 1 %)		-	0,0001	1
372.	Пил цементного виробництва (з вмістом оксиду кальцію більше 60 % і діоксиду кремнію більше 20 %)		-	0,02	3

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4	5	6
373.	Піридин	110-86-1	0,08	0,08	2
374.	Полі-2,5-диметил-1,4-феніленоксид (поліфеніленоксид)	24938-67-8	0,5	0,15	4
375.	Поліхлорпінен (суміш хлорованих біциклічних сполук)	8001-50-1	0,005	0,005	2
376.	Препарат «Байкал ЕМ-1» (суміш штамів мікроорганізмів)		-	5×10^3 КУО***/М ³	4
377.	Пропіл бромистий (1,1-бромпропан)	106-94-5	0,03	0,01	2
378.	Пропілен	115-07-1	3	3	3
379.	Пропілену оксид	75-56-9	0,08	-	1
380.	Пропіловий ефір валеріанової кислоти (пропілвалерат)	141-06-0	0,03	-	3
381.	Пропіловий ефір оцтової кислоти (пропілацетат)	109-60-4	0,1	-	4
382.	Розчинник ацетатно-шкіряний (АКР) (за етанолом)		0,5	-	3
383.	Розчинник бутилформіатний (БЕФ) (за сумою ацетатів)		0,3	-	3
384.	Розчинник деревно-спиртовий марки А (ацетоноефірний) - контроль за ацетоном		0,12	0,12	4
385.	Розчинник деревно-спиртовий марки Е (ефірноацетонний) - контроль за ацетоном		0,07	0,07	4
386.	Розчинник меблевий (АМР-3) - контроль за толуолом		0,09	0,09	3
387.	Ртуті оксид жовтий (у перерахунку на ртуть)	21908-53-2	-	0,0003	1

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4	5	6
388.	Ртуті оксид червоний (у перерахунку на ртуть)	21908-53-2	-	0,0003	1
389.	Ртуть азотнокисла закисна водна (у перерахунку на ртуть)	14836-60-3	-	0,0003	1
390.	Ртуть азотнокисла окисна водна (у перерахунку на ртуть)	7783-34-8	-	0,0003	1
391.	Ртуть амідохлорна (у перерахунку на ртуть)	10124-48-8	-	0,0003	1
392.	Ртуть двойодиста (у перерахунку на ртуть)	7774-29-0	-	0,0003	1
393.	Ртуть металічна	7439-97-6	-	0,0003	1
394.	Ртуть оцтовокисла (у перерахунку на ртуть)	1600-27-7	-	0,0003	1
395.	Ртуть хлориста (у перерахунку на ртуть) (каломель)	10112-91-1	-	0,0003	1
396.	Ртуть хлорна (у перерахунку на ртуть, сулема)	7487-94-7	-	0,0003	1
397.	Сажа	1333-86-4	0,15	0,05	3
398.	Свинець і його неорганічні сполуки (у перерахунку на свинець)	7439-92-1	0,001	0,0003	1
399.	Свинець сірчистий (у перерахунку на свинець)	7446-10-8	-	0,0017	1
400.	Селену діоксид (у перерахунку на селен)	7446-08-4	0,1 мкг/м ³	0,05 мкг/м ³	1
401.	Синтетичні миючі засоби типу «Кристалл» на основі алкілсульфату натрію (контроль за алкілсульфатом натрію)		0,04	0,01	2

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4	5	6
402.	Сірководень	7783-06-4	0,008	-	2
403.	Сірковуглець	7783-06-4	0,03	0,005	2
404.	Скипидар	8006-64-2	2	1	4
405.	Смола легка високошвидкісного піролізу бурого вугілля: за сумарним органічним вуглецем		0,2	-	2
406.	Смола легка високошвидкісного піролізу бурого вугілля: за фенолами		0,004	-	2
407.	Спирт аміловий	71-41-0	0,01	0,01	3
408.	Спирт бензиловий	100-51-6	0,16	-	4
409.	Спирт бутиловий	71-36-3	0,1	0,1	3
410.	Спирт гексиловий	111-27-3	0,8	0,2	3
411.	Спирт 1,1-дигідроперфтораміловий	355-28-2	0,3	-	3
412.	Спирт 1,1-дигідроперфторгептиловий	375-82-6	0,1	-	3
413.	Спирт етиловий	64-17-5	5	5	4
414.	Спирт ізобутиловий	70-83-1	0,1	0,1	4
415.	Спирт ізооктиловий (2-етилгексанол)	1645-40-3	0,15	0,15	4
416.	Спирт ізопропіловий	67-63-0	0,6	0,6	3
417.	Спирт метиловий	67-56-1	1	0,5	3
418.	Спирт октиловий	111-87-5	0,6	0,2	3
419.	Спирт пропіловий	73-21-8	0,3	0,3	3

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4	5	6
420.	Спирт фурфуриловий	98-00-0	0,1	0,05	3
421.	Стирол	100-45-5	0,04	0,002	2
422.	Сульфат амонію-алюмінію	7784-25-0	-	0,006	4
423.	Сульфат калію-алюмінію	10043-67-1	-	0,006	4
424.	Суміш постійного складу на основі дибутилфенілфосфату 93 % (НГК-4)		0,01	0,005	2
425.	Суміш транс-транс-транс-циклододекатетраєна-1,5,9 і транс-транс-цис-циклододекатетраєна-1,5,9		0,0035	-	4
426.	Сурьма п'ятисірчиста (у перерахунку на сурьму)	7440-36-0	-	0,02	3
427.	Сурьми триоксид (у перерахунку на сурьму)	7440-36-0	-	0,02	3
428.	Галію карбонат (у перерахунку на галій)	29809-42-5	-	0,0004	1
429.	Телуру діоксид (у перерахунку на телур)	7446-07-3	-	0,5 мкг/м ³	1
430.	Термостійка прядильна емульсія (тепрем) - контроль за сумою альдегідів, оксиду етилену		0,002	-	3
431.	Тетрагідрофуран	109-99-9	0,2	0,2	4
432.	Тетраетилтіурамдисульфід (тіурам Е)	97-77-8	-	0,03	3
433.	2,2,6,6-Тетраметил-4-оксопіперидин (триацетонамін)	826-36-8	0,06	0,03	3
434.	2,2,6,6-Тетраметилпіперидинамід 2',2',6',6'-тетраметилпіперидинової кислоти (діацетам 5)	76505-58-3	0,15	0,05	3

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4	5	6
435.	Тетраметилтіурамдисульфід (ТМТД, тіурам Д)	137-26-8	0,05	0,02	3
436.	Тетрафторетилен	116-14-3	6	0,5	4
437.	3-Тетрафторетоксифенілсечовина (томілон, тетрафлурон)	27954-37-6	0,6	0,06	3
438.	1,1,2,2-Тетрахлоретан	25322-20-7	0,06	-	4
439.	Тетрахлоретилен (перхлоретилен)	127-18-4	0,5	0,06	2
440.	Тетрахлорпропен	60320-18-5	0,07	0,04	2
441.	Тетрациклін	60-54-8	0,01	0,006	2
442.	1,2,3-Тіадіазоніл-5-N'- фенілсечовина (дропп)	51707-55-2	0,5	0,2	4
443.	Тіофен (тіофуран)	110-02-1	0,6	-	4
444.	Толуїлендіізоціанат	584-84-9	0,05	0,02	1
445.	п-Толуїлілової кислоти метиловий ефір	99-75-2	0,007	-	3
446.	Толуол	108-88-3	0,6	0,6	3
447.	1,2,4-Триазол	288-88-0	0,1	0,05	3
448.	2,4,6,-Триаміно-симитриазин (меламін, ціанурттриамід)	108-78-1	0,02	0,01	2
449.	Трибромметан (бромформ)	75-25-2	-	0,05	3
450.	1,1,3-Трибромпропан (пропілентрибромід)	25511-78-6	0,015	0,005	2
451.	2,4,6-Трибромфенол	118-79-6	0,04	-	2
452.	S,S,S- Трибутилтритіофосфат (бутифос)	78-48-8	0,01	0,01	2

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4	5	6
453.	1,1,5-Тригідрооктафторпентанол (ТС - n = 2)	355-80-6	1	0,05	4
454.	1,1,3-Тригідрооктафторпропанол (ТС - n = 1)		1	0,05	4
455.	Триетиламін	121-44-8	0,14	0,14	3
456.	Трикрезол (суміш ізомерів: орто,- мета,- пара-)	1319-77-3	0,005	0,005	2
457.	Триметиламін	75-50-3	0,15	-	4
458.	1,2,4-Триметилбензол (псевдокумол)	95-63-6	0,04	0,015	2
459.	Трипропіламін	102-69-2	0,4	0,25	3
460.	N-(3-Трифторметилфеніл)-N', N'- диметилсечовина (которан)	2164-17-2	-	0,05	3
461.	Трихлорацетальдегід	75-87-6	0,03	-	3
462.	1,1,1-Трихлоретан (метилхлороформ)	71-55-6	2	0,2	4
463.	Трихлоретилен	79-01-6	4	1	3
464.	Трихлорметан (хлороформ)	67-66-3	0,1	0,03	2
465.	1,2,3-Трихлорпропан	96-18-4	-	0,05	3
466.	Трихлорфторметан (фреон-11)	75-69-4	100	10	4
467.	m-Фенокситолуол	3586-14-9	0,01	-	4
468.	3-Феноксі-а-ціанобензиловий ефір α -ізопропіл-4- хлорфенілоцтової кислоти (суміцидин, фенвалерат)	51630-58-1	0,02	0,01	3

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4	5	6
469.	Фенол	108-95-2	0,01	0,003	2
470.	Феноли сланцеві		0,007	-	3
471.	Фенольна фракція легкої смоли високошвидкісного піролізу бурого вугілля		0,008	-	2
472.	Ферит барієвий (у перерахунку на барій)	12047-11-9	-	0,004	3
473.	Ферит магній-марганцевий (у перерахунку на марганець)	37187-66-9	-	0,002	2
474.	Ферит марганець-цинковий (у перерахунку на марганець)	12645-49-7	-	0,002	2
475.	Ферит нікель-мідний (у перерахунку на нікель)		-	0,004	2
476.	Ферит нікель-цинковий (у перерахунку на цинк)	12645-50-0	-	0,003	2
477.	Фериціанід калію (червона кров'яна сіль)	13746-66-2	-	0,04	4
478.	Фероціанід калію (жовта кров'яна сіль)	13943-58-3	-	0,04	4
479.	Флотореагент «Лілафлот Д 817 М» (суміш: 1,3-діамінопропан, N-(3-тридецилокси)пропіл-, розгалужений C ₁₉ H ₄₂ N ₂ O - 60 %; 1,3-діамінопропан, N-(3-тридецилокси)пропіл-, розгалужений та лінійний, діацетат [C ₁₉ H ₄₄ N ₂ O] (C ₂ H ₃ O ₂) ₂ - 35 %; спирти C ₁₁ -C ₁₄ розгалужені - 2 %)		0,012	0,005	3
480.	Флотореагент ФЛОКР-3 (за хлором)		0,1	0,03	2
481.	Флюс каніфольний активований (ФКТ) - контроль за каніфолью		0,3	0,3	4

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4	5	6
482.	Формальдегід	50-00-0	0,035	0,003	2
483.	Формамід	75-12-7	-	0,03	3
484.	Фтористі сполуки газоподібні (фтористий водень, чотирифтористий кремній) у перерахунку на фтор	7664-39-3 7783-61-1	0,02	0,005	2
485.	Фтористі сполуки добре розчинні неорганічні (фторид натрію, гексафторсилікат натрію) у перерахунку на фтор	7681-49-4	0,03	0,01	2
486.	Фтористі сполуки погано розчинні неорганічні (фторид алюмінію, гексафторалюмінат натрію) у перерахунку на фтор		0,2	0,03	2
487.	Фурфурол	98-01-1	0,05	0,05	3
488.	Хлор	7782-50-5	0,1	0,03	2
489.	м-Хлоранілін	108-42-9	0,01	0,01	1
490.	п-Хлоранілін	106-47-8	0,04	0,01	2
491.	α-Хлорацетофенон	532-27-4	0,01	-	3
492.	Хлорбензол	108-90-7	0,1	0,1	3
493.	п-Хлорбензотрифторид	98-56-6	0,1	-	3
494.	2-Хлорметилфосфонової кислоти гексаметилен-тетраамінова сіль (геметрел)	134576-33-3	0,1	0,05	3
495.	Хлоропрен	126-99-8	0,02	0,002	2
496.	Хлортетрациклін (кормовий)	57-62-5	0,05	0,05	2
497.	м-Хлорфенілізоціанат	2909-38-8	0,005	0,005	2

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4	5	6
498.	п-Хлорфенілізоціанат	104-12-1	0,0015	0,0015	2
499.	1-(4-Хлорфенокси)-3,3-диметил-бутан-2-он(1-(4-хлорфенокси)-пінаколін)	24473-06-1	0,03	-	4
500.	1-(4-Хлорфенокси)-1-(1,2,4,-триазол- 1-іл-3,3-диметилбутан-2-он(азоцен)	43121-43-3	0,05	0,02	3
501.	2-Хлорциклогексилтіо-N-фталамід (хлор ЦТФ)	59939-44-5	3,5	0,35	4
502.	Хром шестивалентний (у перерахунку на триоксид хрому)	7440-47-3	0,0015	0,0015	1
503.	Циклогексан	110-82-7	1,4	1,4	4
504.	Циклогексанол	108-93-0	0,06	0,06	3
505.	Циклогексанон	108-94-1	0,04	-	3
506.	Циклогексаноноксим	100-64-1	0,1	-	3
507.	N-Циклогексилбензтіазол-сульфенамід-2 (сульфенамід Ц)	95-33-0	0,07	0,03	1
508.	N-Циклогексилтіофталамід (ЦТФ)	17796-82-6	0,3	-	4
509.	Цинку оксид (у перерахунку на цинк)	1314-13-2	-	0,05	3
510.	Цинку сульфат	7733-02-1	-	0,008	2
511.	Цирконій і його неорганічні сполуки (у перерахунку на цирконій)	7440-67-7	0,02	0,01	3
512.	β -Ціано-3-феноксibenзил-3- (2,2-дихлорвініл)-2,2-диметилциклопропанкарбоксилат (ріпкорд)	52315-07-8	0,04	0,01	3

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4	5	6
513.	Штам-продуцент кормового білка <i>Candida utilis</i> Л-35		-	35 КУО**/м ³	2
514.	Штам-продуцент кормового білка <i>Torulopsis pinis</i> Л-30		-	50 КУО**/м ³	3

Таблиця Б.1 – Санітарно-хімічні показники безпечності та якості питної води (ДСанПіН 2.2.4-171-10)

N з/п	Найменування показників	Одиниці виміру	Нормативи для питної води		
			водопровідної	з колодязів та каптажів джерел	фасованої, з пунктів розливу та бюветів
1	2	3	4	5	6
1. Органолептичні показники					
1	Запах: при t 20° С при t 60° С	бали	≤ 2 ≤ 2	≤ 3 ≤ 3	≤ 0 (2) ⁴ ≤ 1 (2) ⁴
2	Забарвленість	градуси	≤ 20 (35) ¹	≤ 35	≤ 10 (20) ⁴
3	Каламутність	нефелометрична одиниця каламутності (1 НОК = 0,58 мг/дм ³)	≤ 1,0 (3,5) ¹ ≤ 2,6 (3,5) ¹ - для підземного вододжерела	≤ 3,5	≤ 0,5 (1,0) ⁴
4	Смак та присмак	бали	≤ 2	≤ 3	≤ 0 (2) ⁴
2. Фізико-хімічні показники					
а) неорганічні компоненти					
5	Водневий показник	одиниці рН	6,5 - 8,5	6,5 - 8,5	6,5 - 8,5 (≥ 4,5) ⁵
6	Діоксид вуглецю	%	не визначається	не визначається	0,2 - 0,3 - для слабогазованої 0,31 - 0,4 - для середньогазованої > 0,4 - для сильногазованої
7	Залізо загальне	мг/дм ³	≤ 0,2 (1,0) ¹	≤ 1,0	≤ 0,2
8	Загальна жорсткість	ммоль/дм ³	≤ 7,0 (10,0) ¹	≤ 10,0	≤ 7,0
9	Загальна лужність	ммоль/дм ³	не визначається	не визначається	≤ 6,5
10	Йод	мкг/дм ³	не визначається	не визначається	≤ 50
11	Кальцій	мг/дм ³	не визначається	не визначається	≤ 130
12	Магній	мг/дм ³	не визначається	не визначається	≤ 80
13	Марганець	мг/дм ³	≤ 0,05 (0,5) ¹	≤ 0,5	≤ 0,05
14	Мідь	мг/дм ³	≤ 1,0	не визначається	≤ 1,0
15	Поліфосфати (за PO ₄ ³⁻)	мг/дм ³	≤ 3,5	не визначається	≤ 0,6 (3,5) ⁴

Продовження таблиці Б.1

1	2	3	4	5	6
16	Сульфати	мг/дм ³	≤ 250 (500) ¹	≤ 500	≤ 250
17	Сухий залишок	мг/дм ³	≤ 1000 (1500) ¹	≤ 1500	≤ 1000
18	Хлор залишковий вільний	мг/дм ³	≤ 0,5	≤ 0,5	< 0,05
19	Хлориди	мг/дм ³	≤ 250 (350) ¹	≤ 350	≤ 250
20	Цинк	мг/дм ³	≤ 1,0	не визначається	≤ 1,0
б) органічні компоненти					
21	Хлор залишковий зв'язаний	мг/дм ³	≤ 1,2	≤ 1,2	< 0,05
3. Санітарно-токсикологічні показники					
а) неорганічні компоненти					
22	Алюміній**	мг/дм ³	≤ 0,20 (0,50) ²	не визначається	≤ 0,1
23	Амоній	мг/дм ³	≤ 0,5 (2,6) ¹	≤ 2,6	≤ 0,1 (1,2) ^{1, 4}
24	Діоксид хлору	мг/дм ³	≥ 0,1	не визначається	не визначається
25	Кадмій**	мг/дм ³	≤ 0,001	не визначається	≤ 0,001
26	Кремній**	мг/дм ³	≤ 10	не визначається	≤ 10
27	Миш'як**	мг/дм ³	≤ 0,01	не визначається	≤ 0,01
28	Молібден**	мг/дм ³	≤ 0,07	не визначається	≤ 0,07
29	Натрій**	мг/дм ³	≤ 200	не визначається	≤ 200
30	Нітрати (по NO ₃)	мг/дм ³	≤ 50,0	≤ 50,0	≤ 10 (50) ⁴
31	Нітрити**	мг/дм ³	≤ 0,5 (0,1) ³	≤ 3,3	≤ 0,5 (0,1) ⁷
32	Озон залишковий	мг/дм ³	0,1 - 0,3	не визначається	не визначається
33	Ртуть*	мг/дм ³	≤ 0,0005	не визначається	≤ 0,0005
34	Свинець**	мг/дм ³	≤ 0,010	не визначається	≤ 0,010
35	Срібло**	мг/дм ³	не визначається	не визначається	≤ 0,025

Продовження таблиці Б.1

1	2	3	4	5	6
36	Фториди**	мг/дм ³	для кліматичних зон: IV ≤ 0,7 III ≤ 1,2 II ≤ 1,5	≤ 1,5	≤ 1,5 ⁶ для кліматичних зон: IV ≤ 0,7 III ≤ 1,2 II ≤ 1,5
37	Хлорити	мг/дм ³	≤ 0,2	не визначається	не визначається
б) органічні компоненти					
38	Поліакриламід** залишковий	мг/дм ³	≤ 2,0	не визначається	< 0,2
39	Формальдегід**	мг/дм ³	≤ 0,05	не визначається	≤ 0,05
40	Хлороформ**	мкг/дм ³	–	не визначається	≤ 6
в) інтегральний показник					
41	Перманганатна окиснюваність	мг/дм ³	–	≤ 5,0	≤ 2,0 (5,0) ⁴

1 Норматив, зазначений у дужках, має право використовувати підприємство питного водопостачання до 1 січня 2022 року в окремих випадках, пов'язаних з особливими природними умовами та технологією підготовки питної води, що не дозволяє довести якість питної води до жорсткішого нормативу, про що повинно бути зазначено у технологічному регламенті або іншому документі з описом технологічного процесу виробництва питної води.

2 Норматив, зазначений у дужках, встановлюється для питної води, обробленої реагентами, що містять алюміній.

3 Норматив, зазначений у дужках, встановлюється для обробленої питної води, крім обробленої методом хлорування з преамонізацією.

4 Норматив, зазначений у дужках, встановлюється для питної води фасованої газованої, питної води з пунктів розливу та бюветів.

5 рН для газованої питної води.

6 Норматив встановлюється виключно для питної води фасованої. Для питної води з пунктів розливу та бюветів норматив встановлюється за кліматичними зонами.

7 Норматив, зазначений у дужках, встановлюється для негазованої питної води.

* Речовини I класу небезпеки.

** Речовини II класу небезпеки.

Примітки:

1. У водопровідній питній воді визначаються:

хлороформ - якщо питна вода з поверхневих вододжерел;

хлор залишковий вільний та зв'язаний, озон, поліакриламід - у разі застосування в процесі водопідготовки відповідних реагентів;

формальдегід - у разі озонування води в процесі водопідготовки;

діоксид хлору та хлорити - у разі обробки води діоксидом хлору в процесі водопідготовки.

2. У питній воді фасованій, з пунктів розливу та бюветів визначаються:
хлороформ та хлор залишковий - якщо вода хлорується в процесі водопідготовки або використовується хлорована вихідна вода;
формальдегід - у разі озонування води в процесі водопідготовки або якщо використовується озонована вихідна вода;
срібло та діоксид вуглецю - у разі застосування в процесі водопідготовки відповідних реагентів чи речовин;
поліакриламід - у разі використання в процесі водопідготовки водопровідної питної води з поверхневого джерела питного водопостачання.

Таблиця Б.2 – Санітарно-хімічні показники безпечності та якості питної води за токсичними речовинами (ДСанПіН 2.2.4-171-10)

N з/п	Найменування показників	Одиниці виміру	Нормативи для питної води		
			водопровідної	з колодязів та каптажів джерел	фасованої, з пунктів розливу та бюветів
1	2	3	4	5	6
1. Фізико-хімічні показники					
органічні компоненти					
1	Нафтопродукти	мг/дм ³	≤ 0,1	не визначається	< 0,01
2	Поверхнево активні речовини аніонні	мг/дм ³	≤ 0,5	не визначається	< 0,05
2. Санітарно-токсикологічні показники					
а) неорганічні компоненти					
3	Кобальт**	мг/дм ³	≤ 0,1	не визначається	≤ 0,1
4	Нікель	мг/дм ³	≤ 0,02	не визначається	≤ 0,02
5	Селен**	мг/дм ³	≤ 0,01	не визначається	≤ 0,01
6	Хром загальний	мг/дм ³	≤ 0,05	не визначається	≤ 0,05
б) органічні компоненти					
7	Бенз(а)пірен*	мкг/дм ³	≤ 0,005	не визначається	< 0,002
8	Дибромхлорметан**	мкг/дм ³	≤ 10	не визначається	≤ 1
9	Пестициди ^{1, 2}	мг/дм ³	≤ 0,0001	не визначається	≤ 0,0001
10	Пестициди ^{1, 3} (сума)	мг/дм ³	≤ 0,0005	не визначається	≤ 0,0005
11	Тригалогенметани ⁴ (сума)	мкг/дм ³	≤ 100	не визначається	≤ 10 ²
12	Хлороформ**	мкг/дм ³	≤ 60	–	–
в) інтегральний показник					
13	Перманганатна окиснюваність	мг/дм ³	≤ 5,0	–	–

1 Пестициди включають органічні інсектициди, органічні гербіциди, органічні фунгіциди, органічні нематоциди, органічні акарициди, органічні альгіциди, органічні родентициди, органічні слімициди, споріднені продукти (серед них регулятори росту) та їх метаболіти, продукти реакції та розпаду. Перелік пестицидів, що визначаються у питній воді, встановлюється в кожному конкретному випадку та повинен включати тільки ті пестициди, що можуть знаходитись в джерелі питного водопостачання.

2 Норматив для кожного окремого пестициду. У разі наявності в джерелі питного водопостачання алдрину, діелдрину, гептахлориду та гептахлорепоксида їх вміст у питній воді повинен становити не більше ніж 0,03 мкг/куб.дм для кожної з цих речовин.

3 Сума пестицидів визначається як сума концентрацій кожного окремого пестициду.

4 Сума тригалогенметанів визначається як сума концентрацій хлороформу, бромформу, дибромхлорметану та бромдихлорметану.

* Речовини I класу небезпеки. ** Речовини II класу небезпеки.

Примітка. Тригалогенметани та дибромхлорметан визначаються у водопровідній питній воді з поверхневих вододжерел, а також у питній воді фасованій, з пунктів розливу та бюветів - у разі якщо вода хлорується в процесі водопідготовки або використовується хлорована вихідна вода.

Таблиця Б.3 – Санітарно-хімічні показники безпечності та якості питної води

N з/п	Найменування показників	Одиниці виміру	Нормативи для питної води		
			водопровідної	з колодязів та каптажів джерел	фасованої, з пунктів розливу та бюветів
1	2	3	4	5	6
1. Фізико-хімічні показники					
органічні компоненти					
1	Феноли леткі	мг/дм ³	≤ 0,001	не визначається	< 0,0005
2	Хлорфеноли	мг/дм ³	≤ 0,0003	не визначається	≤ 0,0003
2. Санітарно-токсикологічні показники					
а) неорганічні компоненти					
3	Берилій*	мг/дм ³	≤ 0,0002	не визначається	≤ 0,0002
4	Бор**	мг/дм ³	≤ 0,5	не визначається	≤ 0,5
5	Стронцій**	мг/дм ³	≤ 7,0	не визначається	≤ 7,0
6	Сурма**	мг/дм ³	≤ 0,005	не визначається	≤ 0,005
7	Ціаніди**	мг/дм ³	≤ 0,050	не визначається	≤ 0,050
б) органічні компоненти					
8	Бензол**	мг/дм ³	≤ 0,001	не визначається	≤ 0,001
9	1,2 - дихлоретан**	мкг/дм ³	≤ 3	не визначається	≤ 0,3
10	Тетрахлорвуглець**	мкг/дм ³	≤ 2	не визначається	≤ 0,2
11	Трихлоретилен** та тетрахлоретилен** (сума)	мкг/дм ³	≤ 10	не визначається	≤ 1
в) інтегральний показник					
12	Загальний органічний вуглець	мг/дм ³	≤ 8,0***	не визначається	≤ 3,0

* Речовини I класу небезпеки. ** Речовини II класу небезпеки.*** Не визначається на підприємствах питного водопостачання з об'ємом виробництва питної води менше 10000 куб.м на добу.

Примітки:

1. 1,2-дихлоретан, тетрахлорвуглець, трихлоретилен та тетрахлоретилен (сума) визначаються у водопровідній питній воді з поверхневих вододжерел, а також у питній воді фасованій, з пунктів розливу та бюветів - у разі якщо вода хлорується в процесі водопідготовки або використовується хлорована вихідна вода.

2. Загальний органічний вуглець може визначатись замість перманганатної окиснюваності.