

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ФАКУЛЬТЕТ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ, ІНЖЕНЕРІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЙ  
КАФЕДРА БІОТЕХНОЛОГІЇ

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ  
Завідувач випускової кафедри  
\_\_\_\_\_ М.М. Барановський  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 р.

**ДИПЛОМНА РОБОТА**  
**(ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА)**

ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ «БАКАЛАВР»  
СПЕЦІАЛЬНІСТЬ 162 «БІОТЕХНОЛОГІЇ ТА БІОІНЖЕНЕРІЯ»  
ОСВІТНЬО-ПРОФЕСІЙНА ПРОГРАМА «ЕКОЛОГІЧНА БІОТЕХНОЛОГІЯ ТА  
БІОЕНЕРГЕТИКА»

**Тема: «Розробка біотехнології очищення питної води  
у Дарницькому районі м. Києва»**

Виконавець: студент ЕТ-403Б

Онищук В.В.

Керівник: к.біол.н., доцент

Шаблій Л.М.

Нормоконтролер:

Дражнікова А.В.

КИЇВ 2021

# НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет екологічної безпеки, інженерії та технологій

Кафедра біотехнології

Спеціальність 162 «Біотехнології та біоінженерія»

Освітньо-професійна програма «Екологічна біотехнологія та біоенергетика»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ М.М. Барановський

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2021 р.

## ЗАВДАННЯ

на виконання дипломної роботи

**Онищука Владислава Володимировича**

1. Тема дипломної роботи: «Розробка біотехнології очищення питної води у Дарницькому районі м. Києва» затверджена наказом ректора від «11» травня 2021 р. № 715/ст.
2. Термін виконання роботи: з 10 травня по 20 червня 2021 р.
3. Вихідні дані роботи: Фахові періодичні та наукові видання за темою дипломної роботи, нормативна документація.
4. Зміст пояснювальної записки: Вступ. Літературний огляд. Методи дослідження. Технології очищення води. Висновки. Список використаних джерел.
5. Перелік обов'язкового графічного (ілюстративного) матеріалу: таблиць 2, рисунків 7.

## 6. Календарний план-графік

| №  | Завдання   | Термін виконання | Підпис керівника |
|----|--|------------------|------------------|
| 1  | Узгодження змісту дипломної роботи з дипломним керівником  | 10.05.2021       |                  |
| 2  | Складання плану виконання бакалаврської дипломної роботи   | 10.05.2021       |                  |
| 3  | Збір інформації за темою дипломної роботи: «Розробка біотехнології очищення питної води у Дарницькому районі м. Києва» | 11-17.05.2021    |                  |
| 4  | Ознайомлення з методиками дослідження  | 18-20.05.2021    |                  |
| 5  | Аналіз та обробка отриманих даних  | 21-24.05.2021    |                  |
| 6  | Оформлення практичної частини дипломної роботи на основі отриманих результатів   | 25-26.05.2021    |                  |
| 7  | Формулювання висновків та рекомендацій   | 27-28.05.2021    |                  |
| 8  | Перевірка дипломної роботи керівником  | 31.05.2021       |                  |
| 9  | Попередній захист дипломної роботи   | 03.06.2021       |                  |
| 10 | Захист дипломної роботи  | 17.06.2021       |                  |

7. Дата видачі завдання: «10» травня 2021 р.

Керівник дипломної роботи \_\_\_\_\_ Шаблій Л.М.

Завдання прийняв до виконання \_\_\_\_\_ Онищук В.В

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до дипломної роботи «Розробка біотехнології очищення питної води у Дарницькому районі м. Києва»: 41 с., 7 рис., 2 табл., 28 літературних джерел, 3 додатки.

Об'єкт дослідження: питна вода Дарницького району м. Києва.

Мета роботи: розробити біотехнологію очищення питної води у Дарницькому районі м. Києва .

Методи дослідження: загальнонаукові, а саме теоретичні (аналіз, пояснення, класифікація, синтез, узагальнення, індукція, дедукція) та емпіричні (спостереження, опис).

Розглянуто ситуацію з питною водою в світі та в Україні, та проаналізовано питання забезпечення питною водою в різних регіонах України .

Аналіз інформацій з відкритих джерел, а також із дослідженнями, що стосуються визначення якості води в Дарницькому районі м. Києва

Було розглянуто показники, які визначають якість питної води такі як органолептичні, фізико-хімічні та мікробіологічні.

Також було проаналізовано технології очищення води таких, як хімічне, фізичне та комбіноване.

Після аналізу технологій очищення види, які були представлені, нами було запропоновано технологічну схему контактної-флокуляційної установки, що може бути використана для доочищення води .

*КЛЮЧОВІ СЛОВА: ПИТНА ВОДА, ТЕХНОЛОГІЯ ОЧИЩЕННЯ ВОДИ, ЯКІСТЬ ПИТНОЇ ВОДИ, ПОКАЗНИК ЯКОСТІ.*

## ЗМІСТ

|  |    |
|--|----|
| Вступ .....  | 6  |
| Розділ 1. Якість питної води в Україні і світі .....                                   | 9  |
| 1.1. Стан якості питної води у світі .....   | 9  |
| 1.2. Забезпеченість мешканців України водними ресурсами .....                          | 11 |
| 1.3. Вимоги до якості води в Україні.....  | 14 |
| 1.4. Якість питної води у м. Київ .....  | 15 |
| 1.5. Висновки до розділу.....  | 19 |
| Розділ 2. Методи визначення якості води.....   | 20 |
| 2.1. Висновки до розділу.....  | 23 |
| Розділ 3. Технології очищення питної води .....  | 24 |
| 3.1. Аналіз технологій очищення питної води .....                                      | 24 |
| 3.2. Розробка біотехнології очищення питної води у Дарницькому<br>районі м. Київ ..... | 29 |
| 3.3. Висновки до розділу.....  | 32 |
| Висновки .....   | 33 |
| Список бібліографічних посилань використаних джерел.....                               | 35 |
| Додаток А .....  | 38 |
| Додаток Б.....   | 40 |
| Додаток В .....  | 41 |

## ВСТУП

Основою виживання людини є прісна вода, оскільки її відсутність несумісна з життям. Морська вода може бути забруднена патогенними мікроорганізмами та містити шкідливі речовини, а це негативно впливає на нормальний розвиток країни та цивілізації. За прогнозами експертів до 2030 року майже половина населення матиме дефіцит прісної води, а до 2050 – дві третини населення планети. Тому процвітання та здоров'я економіки будь-якої країни визначається якістю і кількістю прісноводних ресурсів.

Ресурси прісної води Україні складаються з підземних та поверхневих вод. Останні визначаються в основному середньорічним вмістом води річкових стоків, які складають орієнтовно 87,7 км<sup>3</sup>рік та 55,9 км<sup>3</sup>рік у маловодні роки. Для місцевого водопостачання є дуже важливою потужність водосховища прісноводних озер України, яка складає приблизно 3,3 км<sup>3</sup>рік. Характер розподілу водних ресурсів по всій країні нерівномірний, а розмір проміжного шару опадів коливається від 5-10 мм у Херсонській області до 625 мм у Закарпатській.

Основним джерелом водопостачання на південному сході та півдні країни є річка Дніпро. Стан дніпровських каскадних водосховищ та водотоків у басейні за останні роки значно погіршився. Також перевищуються нормативні значення, встановлені для споживання побутової та питної води, за такими показниками, як колір дніпровської води, вміст марганцю та заліза хімічне та біологічне споживання кисню та інші. до евтрофікації водойми призвело збільшення вмісту фосфатів у воді через незадовільну роботу очисних споруд. Промислові забруднювачі, які потрапляють до річки Дніпро, накопичуються переважно у середніх водоймах у районі Кременчука.

Хімічне споживання кисню в басейні річки Десна порівняно з річкою Дніпро менше, але біологічне споживання кисню при цьому вище. В Івано-Франківській та Чернівецькій областях, що розташовані у нижній течії Придністров'я, якість води

залишається на рівні норми. Це не стосується тимчасових ситуацій, коли вміст органічних забруднювачів високий.

Води басейну річки Південний Буг зазвичай мають високий рівень біологічного споживання кисню та рН, а також характеризується підвищеним кольором (до 100 градусів і вище), особливо влітку. Відомі випадки перевищення гранично допустимої концентрації амонійного азоту у Хмельницькій області. Така ситуація спричинена впливом стічних вод з очисних та водопостачальних споруд. Поверхневі води басейну Південного Бугу характеризуються нормальною концентрацією солей важких металів, крім заліза та марганцю, та відповідають нормам питної води.

Для поверхневих вод басейну Західного Бугу з кожним роком спостерігається негативна тенденція якості, особливо у Львівській області, яка проявляється у перевищенні нормальних показників споживання фосфату, загального заліза та біологічного кисню.

Води басейну Сіверського Донця характеризуються посиленою мінералізацією води, переважно у вигляді сульфатів та хлоридів. Це є однією з головних з проблем водопостачання в цій місцевості. Спостерігається перевищення допустимих показників вмісту органічних речовин, нафтопродуктів, твердістю та рН.

За даними екологічних спостережень, всі поверхневі джерела води в Україні сильно забруднені. Це пояснюється низькою якістю очищення побутових, промислових, сільськогосподарських та дощових вод. Кількість забруднених стічних вод, що стікають у поверхневі водойми, не зменшується, а споживання води, починаючи з 90-х років ХХ віку, в господарській діяльності зменшилось більш ніж наполовину.

Підземні води становлять 17% загального споживання води в Україні та 54% від питного водопостачання. Географічний розподіл значних запасів підземних вод в Україні є нерівномірним. Найбільші запаси знаходяться у Чернігівській області, а Запорізька, Тернопільська, Волинська та Дніпропетровська область, а також Закарпаття і Крим характеризуються найменшими.

Населення та промисловість щорічно потребують водних ресурсів у кількості близько 20 кубічних кілометрів. Загалом у структурі водокористування в Україні

споживачі розподіляються наступним чином: промисловість складають 49,6%, надання комунальних послуг – 25,8%, а 24,6% приходить на сільське господарство та рибальство.

Ще однією особливістю для України є концентрація у районах з найменшими запасами води (Крим та південні регіони, Донбас та Кривбас) масштабних водокористувачів, зазвичай промислових підприємств, які одночасно є основними чинниками забруднення вод.

Враховуючи вище сказане, можна сказати, що в область очищення води потребує впровадження нових високоефективних та ресурсозберігаючих технологій, які мінімізують обсяг очищення стічних вод, зменшують навантаження на навколишнє середовище та дозволяють отримувати прісну воду належної якості як для використання у в різних галузях промисловості, так питної для безпосереднього споживання населенням.



# РОЗДІЛ 1

## ЯКІСТЬ ПИТНОЇ ВОДИ В УКРАЇНІ І СВІТІ

### 1.1. Стан якості питної води у світі

За різними оцінками, кількість води на землі становить 140-150 мільярдів кубічних кілометрів. Структура розподілу води на землі наступна: 97% приходить на морську воду, а лише 3% складає прісна вода. З цієї кількості прісної води близько 70% складають полярні льодовики, а 29% - це водоносні горизонти підземних вод та волога ґрунту.

Для безпосереднього використання людиною доступно менше 1% прісної води. З цієї води 70% використовується для сільського господарства (зрошування землі), 20% використовується для промисловості і лише 10% використовується для споживання людиною. Приблизно 20% води надходить з відновлюваних чи невідновлюваних підземних ресурсів, і ця частка швидко зростає, особливо в посушливих регіонах. За міжнародною класифікацією, Україна відноситься до країн з найменшим водопостачанням у Європі. Близько 80% питного водопостачання країни забезпечується поверхневими водами.

Ситуація з питною водою дуже напружена і складає низку планетарних проблем, а саме:

- дефіцит запасів питної води;
- погіршення якості питної води;
- деструкція муніципального централізованого водопостачання.

Лише 2,5% (35 мільйонів кубічних кілометрів) є прісною водою, і лише 1% від цієї кількості, що складає 350 000 кубічних кілометрів та являє собою воду з річок, озер та підземних джерел, може використовуватися як питна вода. Залишок питної води існує в гідросфері у вигляді льодовиків і підземних вод.

Прісна вода використовується для отримання питної і технічної води різного призначення. Технічна вода використовується в різноманітних галузях промисловості, сільського господарства, енергетики.

Забезпеченість питною водою з традиційних джерел значно зменшилась. В розвинених країнах це пов'язано зі збільшенням тривалості життя, а у країнах, що розвиваються, – із зростанням народжуваності.

За статистикою кількість людей на планеті за останні 200 років зросла більш, ніж у сім разів. У 1820 році вона складала 1 млрд., а у 2015 році – вже 7,2 млрд.

Очевидно, що споживання води не обмежується потребою в ній, як у напої. Також воно пропорційно збільшується для виробництва енергії, їжі, одягу тощо. За прогнозами Організації Об'єднаних Націй до 2030 року, попит людини на воду зросте на 30%, оскільки населення світу збільшиться до 8 мільярдів. При цьому кількість водних ресурсів на землі не змінюється, а частка води, доступної для споживання та природного пиття, зменшується.

Обмежений доступ до питної води має значна кількість людей (майже 2 мільярди людей) у 80 країнах, а за підрахунками до 2025 року ця кількість має збільшитися до 3 мільярдів. Можна сказати, що це питання є однією з головних загроз людській цивілізації.

На сьогодні пропонуються різні варіанти вирішення цієї проблеми. Один з них – це збільшення доступності питної води за рахунок використання альтернативних джерел, особливо морської та стічних вод. Якість такої води може досягти рівня, необхідного для пиття, тільки за допомогою локальних методів очищення води.

Друга за важливістю проблема пов'язана зі збільшенням стандартизованого (природного та техногенного) рівня забруднення. Також сучасні дослідження виявили невелику кількість (вираженої в мікрограмах) хімічних речовин, що потрапляють у питну воду, а це в свою чергу погіршує якість питної води. Здійснюється аналіз та ідентифікація, і досліджень щодо впливу організмів існує небагато. Джерелом цих речовин у воді можуть бути: ємності для бутильованої води, ліки, косметика, дієтичні добавки та ін. На будь-якому етапі традиційної централізованої очистки та очищення води ці мікробабруднення не можуть бути

видалені. Згідно з результатами ряду досліджень, ефективного очищення води від мікрозабруднень можна досягти лише шляхом комплексного використання локальних сучасних методів очищення води.

Ще однією глобальною проблемою є комунальне водопостачання, в якому використовується відсталі технології і зруйнована інфраструктура. Крім цього спостерігається вторинне забруднення води під час транспортування продуктів корозії та руйнування біоплівки, що утворюється на внутрішній поверхні трубопроводу. Виникнення та розвиток біоплівки спричиняє багато проблем, а саме: зменшення проникності труб, зменшення їх теплопровідності, тим самим збільшуючи споживання енергії та біокорозію – корозію обладнання під впливом біоплівки. Крім того, біоплівки накопичуватимуть токсичні органічні сполуки, важкі метали та патогенні мікроорганізми, які потрапляють у воду після знищення біоплівки [1].

## 1.2. Забезпеченість мешканців України водними ресурсами

Незважаючи на велику кількість малих та великих водойм, Україна – одна із найменш забезпечених водними ресурсами країн в Європі (рис. 1.1).



Рис 1.1. Забезпеченість країн Європи водними ресурсами

В Україні забезпеченість водою різних регіонів відрізняється (рис. 1.2). В найкращій рівень в Ужгороді – забезпеченість водою досягає рівня Швейцарії.

Забезпеченість водою в Одеській області знаходиться на дуже низькому рівні та відповідає рівню Алжиру. За підсумком рівень водопостачання «катастрофічно низький» характерний більш ніж для половини країни [2].

Що стосується водного балансу, то ситуація виявляється ще гіршою. Дисбаланс, що оцінюється як «катастрофічний», характеризується різницею між необхідною кількістю води та кількістю доступної води, яка перевищує 10 000 м<sup>3</sup> на людину на рік. Така ситуація спостерігається у п'яти регіонах на південному сході України. Однак в Україні є п'ять регіонів, які можна вважати збалансованими - чотири західні та один північний. В середньому дисбаланс в Україні знаходиться між «дозволим» та «ненормальним» (рис. 1.3). У цьому випадку настав час розглянути альтернативні джерела водопостачання, наприклад, повторне використання стічних вод та або використання знесоленої морської води.

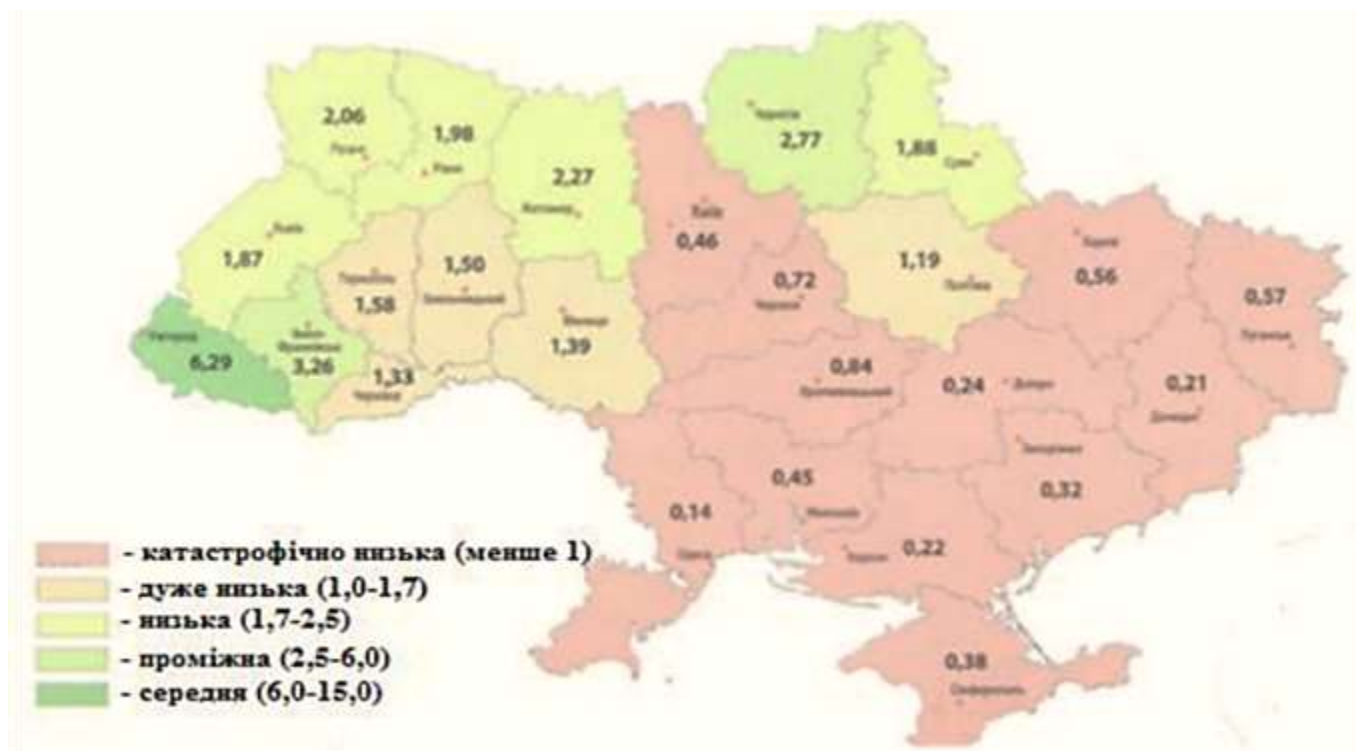


Рис 1.2. Забезпеченість водними ресурсами різних регіонів України



Рис 1.3. Дисбаланс забезпеченості водними ресурсами різних регіонів України

Щороку країна споживає близько 10-15 кубічних метрів. Кілометри води. Більша частина води надходить із прісної джерельної води на поверхні, переважно з річки Дніпро, огорожа тут коливається від 7,5 до 10 кубічних метрів. Кількість води в кілометрах на рік. Це становить приблизно 25% від загального обсягу води Дніпра. Для порівняння: водозабір Сіверського Донець сягнув 64%, що вже є критичним з екологічної точки зору (рис. 1.4).

Через високий вміст солі та збитковість приготування більша частина води, взятої з підземних джерел, не може потрапити до споживачів. Це стосується шахтної води, на частку якої припадає 60-70% загального видобутку підземних вод. Очевидно, що очищення шахтних вод організовано до необхідного рівня, якщо не пити, то принаймні технічна вода зменшить видобуток води з річки та запобіжить екологічним катастрофам. Збільшення частки морської води зараз становить лише 6%, що також сприяє стабілізації ситуації.



Рис. 1.4. Розподіли води: *а* – розподіл води, що споживається в Україні, до джерелу водозабору; *б* – розподіл водозабору з основних річок України

Важливе питання: Як вода розподіляється між споживачами, промисловістю, сільським господарством, житлом та комунальними послугами? Картина тут не дуже стабільна. Тому між 2006 і 2012 роками частка сільськогосподарського використання води зросла з 17% до 39%, тобто з 2,6 кубічних метрів до 5,7 кубічних метрів. У кілометрах на рік частка промислового споживання води впала з 56% до 40%, або з 8,6 кубічних метрів до 5,9 кубічних метрів. Кілометри. Це наочно свідчить про те, що Україна розвивається у секторі аграрної промисловості. [3].

Водночас споживання води комунальними послугами має тенденцію до зменшення - з 4,1 куб. Кількість кілометрів зросла з 2006 року до 3.1-2012 та 1.6-2016. Це 13 може бути пов'язано зі зменшенням населення (з 46 929 тис. У 2006 р. До 45 633 тис. У 2012 р. Та 42 138 тис. У 2016 р.) Та споживачами, які намагаються економити воду. Ефективність останньої пропозиції підтверджується інформацією про зменшення питомого споживання води з 160 дм<sup>3</sup> добу людину [1].

### **1.3. Вимоги до якості води в Україні**

Якість води визначається поєднанням її хімічних, біологічних та фізичних властивостей, які визначають, чи підходить вода для певних типів води. В Україні вимоги до якості питної води визначаються Національним гігієнічним кодексом та Положенням ДСанПіН 2.2.4-171-10 "Гігієнічні вимоги до питної води для споживання людиною" [4].

Питна вода для споживання людиною повинна відповідати таким гігієнічним вимогам: вона безпечна при епідеміях та радіації, має хороші сенсорні властивості та нешкідливий хімічний склад. При виробництві питної води джерелом підземних вод є кращим джерелом питної води для надійного запобігання біологічному, хімічному та радіаційному забрудненню.

Гігієнічну оцінку безпечності та якості питної води проводять за показниками епідемічної безпеки (мікробіологічні, паразитарні), санітарно-хімічними (органолептичні, фізико-хімічні, санітарно-токсикологічні) та радіаційними показниками. Деякі показники води, взятих з різних джерел, наведені у додатку А [5].

### **1.4. Якість питної води у м. Київ**

Проблеми, пов'язані з якістю питної води, також стосуються мільйонів людей в Україні, незалежно від того, де вони проживають.

Водоканал - одна з найстаріших громадських будівель міста, що не дивно, адже централізована система водопостачання розпочалась наприкінці 19 століття - на початку 20 століття. Велика довжина водопровідної мережі є одночасно перевагою та недоліком . З одного боку, чим довша водопровідна мережа, тим більше домогосподарств та підприємств може отримувати очищену воду, а з іншого боку, складніше забезпечити безпеку бактерій. Слід зазначити, що в більшості випадків обладнання, що використовується для очищення води, надзвичайно зношене і потребує негайного відновлення [6].

Тому для контролю якості води водоочисної станції систематично проводять сенсорний, фізико-хімічний та мікробіологічний аналіз питної води за відомими методами.

Використовуючи карту якості питної води, створену за ініціативою Ecosoft, ми визначаємо, чи відповідають фізико-хімічні параметри води вимогам ДСанПіН 2.2.4-171-10 (див. Таблицю 1.1).

Одночасно було визначено: бактерії групи кишкової палички, наявність яких свідчить про забруднення води кишковими секретами теплокровних тварин; жаростійкі кишкові бактерії, що є специфічним показником свіжого забруднення калом; Температура культури становить  $(22 \pm 1) ^\circ \text{C}$  протягом 5 днів А загальна кількість мікроорганізмів на добу  $(36 \pm 1) ^\circ \text{C}$ .

Збільшення кількості колоній при  $(22 \pm 1) ^\circ \text{C}$  вказує на погіршення санітарних умов системи водопідготовки або водопостачання, або виникнення джерел забруднення, або появи мікроорганізмів із вторинними умовами розмноження. Наявність колоній при  $36 \pm 1 ^\circ \text{C}$  вказує на те, що вода може бути забруднена техногенними мікроорганізмами. Окрім мікробіологічного аналізу питної води, дуже важливим є також її мікологічний аналіз, який може підтвердити наявність мікроскопічних грибів-мікробів у питній воді [7]. Як ми всі знаємо, мікроби широко поширені в навколишньому середовищі, а також у поверхневих джерелах водопостачання та водопровідній воді в Україні [8]. Вони можуть погіршити сенсорні властивості води та виділяти у водне середовище шкідливі для здоров'я людини речовини - мікотоксини, які мають мутагенну, тератогенну, ембріотоксичну, алергічну та імунодепресивну дію [9].



## Відповідність проб питної води вимогам ДСанПіН 2.2.4-171-10

| Найменування показників | Одиниця вимірювання  | Санітарно-хімічні показники | Адреса відбору проб |                   |                        |
|-------------------------|--|-----------------------------|---------------------|-------------------|------------------------|
|                         |  |                             | вул. Ялтинська, 15  | вул. Вереснева, 9 | вул. Бориспільська, 12 |
| залізо                  | мг/дм <sup>3</sup>   | ≤0,2                        | +                   | -                 | -                      |
| жорсткість              | ммоль/дм <sup>3</sup>  | ≤7,0                        | +                   | +                 | -                      |
| кольоровість            | градуси  | ≤20                         | --                  | --                | +                      |
| сухий залишок           | мг/дм <sup>3</sup>   | ≤1000                       | +                   | +                 | +                      |
| каламутність            | нефелометрична одиниця каламутності (1 НОК=0,58 мг/дм <sup>3</sup> ) | ≤1,0                        | -                   | --                | --                     |
| нітрат                  | мг/дм <sup>3</sup>   | ≤0,5                        | +                   | +                 | +                      |
| запах                   | бали   | ≤2                          | +                   | -                 | +                      |

Крім мікробіологічного аналізу питної води, актуальним є також її мікологічний аналіз, що дозволяє встановити наявність у питній воді мікроскопічних грибів – мікроміцетів [7]. Відомо, що мікроміцети широко розповсюджені в оточуючому середовищі, а також наявні у поверхневих джерелах водопостачання та водопровідній воді України [8]. Вони здатні погіршувати органолептичні показники води, а також виділяти у водне середовище речовини, небезпечні для здоров'я людини – мікотоксини, що володіють мутагенною, тератогенною, ембріотоксичною, алергенною, імунносупресивною дією [9].

Ряд мікроорганізмів, у тому числі мікроміцети, під дією стрес-фактору, а саме голодування, окиснення, зміни температури тощо, здатні переходити у життєздатний некультурабельний стан. Такі клітини не культивуються на класичних диференційно-діагностичних агарових середовищах, що несе небезпеку недооцінити кількість життєздатних патогенних мікроорганізмів і отримати помилково негативні результати при аналізі питної води на станціях водопідготовки.

Існує запропонований метод (ЗМ) виявлення мікроорганізмів у життєздатному некультурабельному стані, який базується на введенні додаткового етапу

рекультивування, що включає внесення аліквоти аналізованої проби води у середовище М-9 та утримування в термостаті протягом доби перед висівом на диференційно діагностичне агарове середовище [10].

З метою виявлення достовірної кількості мікроорганізмів, що містяться у водопровідній воді, нами проведено порівняння класичних методів (КМ) виявлення мікроорганізмів із запропонованим нами методом (ЗМ) виявлення мікроорганізмів у життєздатному некультурабельному стані.

Проведено систематичний мікробіологічний та мікологічний аналіз водопровідної води у різні періоди року. Воду відбирали з водопровідної мережі в Дарницькому районі м. Києва. Термін експлуатації труб становив 25-40 років. Зразки було проаналізовано за допомогою класичного методу та запропонованим методом.

Таблиця 1.2

Результати систематичного мікологічного аналізу водопровідної води у місті Києві у різні період року

| Період року | Метод аналізу | <i>Aspergillus</i> | <i>Penicillium</i> | <i>Mycelia sterilia</i> | <i>Rhodotorula glutinis</i> | <i>Rhizopus arrhizus</i> | <i>Alternaria alternata</i> | <i>Candida albicans</i> |
|-------------|---------------|--------------------|--------------------|-------------------------|-----------------------------|--------------------------|-----------------------------|-------------------------|
| Зимовий     | КМ            | –                  | –                  | –                       | –                           | –                        | –                           | 13                      |
|             | ЗМ            | –                  | 1·10 <sup>2</sup>  | –                       | 2·10 <sup>2</sup>           | –                        | –                           | –                       |
| Весняний    | КМ            | –                  | –                  | –                       | –                           | –                        | –                           | –                       |
|             | ЗМ            | –                  | 3·10 <sup>2</sup>  | –                       | 1·10 <sup>2</sup>           | 2·10 <sup>2</sup>        | –                           | 1·10 <sup>2</sup>       |
| Літній      | КМ            | –                  | –                  | –                       | –                           | –                        | –                           | –                       |
|             | ЗМ            | –                  | –                  | –                       | –                           | –                        | –                           | –                       |
| Осінній     | КМ            | –                  | –                  | –                       | –                           | –                        | –                           | 2                       |
|             | ЗМ            | –                  | –                  | 1·10 <sup>2</sup>       | –                           | –                        | 1·10 <sup>2</sup>           | 1·10 <sup>2</sup>       |

## **1.5. Висновки до розділу**

Було розглянуто ситуацію з питною водою в світі та в Україні, та проаналізовано питання забезпечення питною водою в різних регіонах України . Також було проаналізовано усі основні проблеми, що з цим пов'язані а саме :

- недостатність запасів питної води;
- погіршення якості питної води;
- деструкція муніципального централізованого водопостачання.

Розглянули основні вимоги до якості питної води, що визначаються ДСанПіН 2.2.4-171-10.

Ознайомившись з інформацією з відкритих джерел, а також із дослідженнями, що стосуються визначення якості води в Дарницькому районі м. Києва, нами було визначені проблемні показники, які зумовлюють вибір технологічних схем очищення води.

## РОЗДІЛ 2

### МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ ЯКОСТІ ВОДИ

Якість пічної води оцінюється за набором органолептичних, фізико-хімічних та мікробіологічних показників, визначених ДСТУ 7527: 2014. Потна вода. Вимоги та методи контролю якості [7].

Фізичними показниками якості води є температура, прозорість каламутності, колір, органолептичні показники (смак і запах).

Температура води залежить від походження води. Підземні джерела визначають температуру столиці. Оптимальною температурою води в печі вважається 7–11 °С.

Прозорість і каламутність проявляються відсутністю або присутністю залежних речовин, глини, піску, мулу, залишків органіки. Використовується помутніння відстою та фільтрація води.

Кольоровість поверхневих вод зумовлена наявністю гумінових речовин та залізного заліза. Вимірювання властивостей кольору проводиться шляхом порівняння зразка зі стандартним розчином, приготованим із суміші солей хлороплатината калію та хлориду кобальту (платиново-кобальтова шкала) [6]. Колір води, який відповідає за колір стандартного розчину із вмістом 0,1 мг платини в 1 мл, оцінювали в 1 бал кольору. Колір питної води не перевищує 20 міст.

Натуральна вода може відчувати смак і запах. Існує чотири смаки води: солоня, гірка, кисло-солодка.

Запахи води бувають двох видів: природні та штучні. Рослинні запахи визначаються хімічним складом водних домішок, гнилих рослинних залишків, органічних залишків, живих речовин. Серед запахів цієї групи є: ароматичний, болотний, гнилий, деревний, земляний, запліснявілий, рибний, трав'яний, сірководень.

Запахи штучного походження називають домішками промислових стічних вод: фенольних, хлорфенольних, нафтових, смолистих.

До хімічних показників якості води належать активні реакції (рН), окислення, наявність сполук азоту, розчинених газів, сухих заповнювачів, твердості, лужності, хлоридів, сульфатів, заліза, марганцю, а також спеціальних забруднювачів, радіонуклідів, важких металів.

Залежно від значення рН вода сприяє збільшенню діоксиду кремнію (рН <3), кислий (3,0–5,0), слабокислий (5,0–6,5), нейтральний (6,5–7,5), слаболужний (7,5–8,5), лужний, (8,5–9,5), сильно лужний (рН> 9,5).

Окислюваність води визначає вартість окислювача або еквівалентної кількості кисню на окислення органічних речовин у воді. Окислення річкової води застосовується в діапазоні 2-8 мг / л O<sub>2</sub>. Посилене окислення може свідчити про забруднення водної промислової стінної води, що вимагає здійснення санітарних заходів.

Азотні сполуки створюються в основному в результаті розкладання сечовини та білих сполук, які витрачаються у воді з побутовими стоками, а також із водної соди, коксу, азоту та інших рослин. Аміак, який є кінцевим продуктом розкладання білків під дією мікроорганізмів, може застосовувати критерії забруднення водойми.

Сухий залишок після випаровування певного об'єкта визначає кількість солей у природних водах. За питомою масою сухого наповнення в 1 літрі води природні води поділяються на надсвіжі (сухий залишок, мг / л - до 100), свіжі (100-1000), слабосолені (1000-3000), солоні (3000–10 000), сильно солоні 10 000–50 000), розсоли (50 000–300 000), ультрасолі (сухий залишок >> 300 000 мг / л).

Хлориди присутні майже у всіх водах через високу розчинність хлористих солей (NaCl - 360 г / л, MgCl<sub>2</sub> - 545 г / л), а також через появу хлоридних сполук із найближчих шарів і викид у води промислових та побутових стічних вод. При контакті з бетоном хлоридів він отримує його в результаті екстракції вапном розчиненого хлориду кальцію та гідроксиду магнію.

Бетонні конструкції використовуються і сульфатовані, що часто трапляється в природних водах. Це пов'язано з утворенням гіпсу в результаті реакцій між цементним вапном та сульфатами, присутніми у воді, що призводить до створення об'єкта та появи тріщин.

Лужність води визначається наявністю гідратів і солей слабких кислот (вуглецевої, кремнієвої, фосфорної та ін.).

Твердість води визначає наявність іонів кальцію і магнію, велика кількість яких у воді робить її непридатною для побутових потреб та багатьох технологічних процесів.

Жорстка вода погано розкриває овочі та м'язи, забезпечує огляд, смак та якість чаю, засвоює миючі засоби під час прання, підвищує якість тканин. Постійна робота парових котлів з жорсткою водою призводить до аварії. Твердість води класифікується (ммоль / л): дуже м'яка (до 1,5), м'яка (1,5-3), середня (3-6), жорстка (6-10), дуже жорстка (більше 10). Наявність у воді заліза та марганцю, вміст якого не перевищує десятих міліграм на літр, не шкодить здоров'ю. Однак при концентрації вище 1 мг / л води забувається чорне підприємство, яке містить

Наявність заліза та марганцю у воді спричинює розвиток у трубопроводах бактерій заліза та марганцю, продукти яких можуть закупорити водопровідні труби.

Розчинені гази, найпоширенішими з яких у воді є кисень, сірководень, азот, метан, вуглекислий газ, за певних умов можуть надавати бетону та металам корозійні властивості.

Значну шкоду здоров'ю людини завдають важкі метали, токсичні речовини, що потрапляють у воду переважно з промислових стічних вод - свинець, цинк, мідь, миш'як, анілін, ціаніди та ін., А також радіоактивні елементи природного та штучного походження.

Біологічні показники якості води включають біологічну потребу в кисні (БПК). Бактерії служать окисниками для визначення BSC. Забруднення води використовується як джерело їжі для бактерій. Кількість кисню, споживаного мікроорганізмами за весь цикл реакції синтезу клітин та виробництва енергії, становить BSC.

Існує кілька методів аналітичного визначення BSC, але найчастіше застосовується метод розведення: 1 частина стічних вод змішується з кількома частинами чистої води продуванням або струшуванням, суміш насичується розчиненим киснем, виливається в склянки для інкубації та ретельно закупорюється.

Склянки залишають у термостаті при температурі 20 ° С на п'ять днів і більше. У склі розвивається "спільнота" мікроорганізмів; відносно зменшення кисню в склянці, помножене на ступінь розведення, дає числове значення BSC. Для оцінки якості води базується на визначенні двох основних показників: кількості мікробів та кількості бактерій групи "Колі". Кишкова паличка вважається оптимальним санітарно-орієнтовним мікроорганізмом. Найменший об'єм води в мілілітрах, який містить одну кишкову паличку, називається «колі-титр»; абсолютна кількість водяних паличок кишкової палички - "індекс Колі". Таким чином, "колі-індекс" дорівнює 1000 / колі-титр. Для чистої (питної) води "Coli-індекс"  $\leq 3$ , "Coli-титр"  $\geq 300$ . Повна санітарно-епідеміологічна оцінка, крім кількості мікробів та "Coli-індексу", включає також визначення третього показника - вміст яєць гельмінтів.

## **2.1. Висновки до розділу**

В даному розділі розглянуто органолептичні, фізико-хімічні та мікробіологічні показники, які визначають якість питної води. А саме фізичні показники якості води – це температура, прозорість чи каламутність, кольоровість, органолептичні характеристики (смак і запах). До хімічних показників якості води належать активна реакція (рН), окиснюваність, наявність азотних сполук, розчинені гази, сухий залишок, твердість, лужність, хлориди, сульфати, залізо, марганець, а також специфічні забруднювальні речовини, радіонукліди, важкі метали.

Таким чином, якість води оцінюється комплексом різних показників, які визначають її властивості. Залежно від ступеня забрудненості води і виду водокористування кількість і набір показників, достатніх для характеристики її якості, може суттєво змінюватись.

## РОЗДІЛ 3

### ТЕХНОЛОГІЇ ОЧИЩЕННЯ ПИТНОЇ ВОДИ

#### 3.1. Аналіз технологій очищення питної води

Дезінфекція води хімічним (реагентним) методом проводиться шляхом додавання в рідину біологічно активних хімічних розчинів. Реагентна дезінфекція води відбувається в результаті додавання окисників хлору, озону, а також іонізації. Використовуючи хімічну дезінфекцію води, важливо дотримуватися правильної дозування хімічних реагентів та часу їх реакції з водою. Для якісної дезінфекції води доза реагентів розраховується в надлишку, оскільки це дасть більший дезінфікуючий ефект. Дотримання цих умов дасть очікуваний дезінфікуючий ефект [13].

Дезінфекція води фізичним (безреагентним) методом відбувається за рахунок ультрафіолету. При знезараженні води цим методом воду попередньо готують, очищаючи її від механічних домішок спеціальними механічними фільтрами. Воду також готують шляхом згортання, видаляючи гельмінтів та мікроорганізми [14].

Комбінована дезінфекція води проводиться фізично та хімічно одночасно.

Забруднення води визначається шляхом бактеріологічного аналізу води, який покаже загальну кількість бактерій та кількість бактерій-індикаторів групи кишкової палички (BGKP) в 1 міліграмі води.

Основним типом BGKP є бактерії *E.coli*. Цей вид бактерій визначити найпростіше, коефіцієнт стійкості до дезінфекції високий. Кишкова паличка з безпечною швидкістю є чітко визначальним фактором забруднення калу. Норми SanPiN 2.1.4.1074-01 встановлюють загальну кількість бактерій *E.coli* не більше 50, за умови, що в 100 мл бактерій немає коліформ. Міра, яка показувала б ступінь зараження, називається індексом колі, це вміст кишкової палички в 1000 мл води.

Найпопулярніший спосіб знезараження води - хлорування. Його популярність пояснюється вартістю та доступністю реагентів, рідкого, газоподібного або порошкоподібного хлору. Так само цей спосіб знезараження води є відносно простим



з точки зору технічного впровадження. Важливим позитивним ефектом хлору є його післядія. Процес повторного росту мікроорганізмів зупиняється, якщо вміст води в залишковому хлорі становить 0,3-0,5 мг / л. При високій дозі хлору в процесі знезараження води відбувається окислення органічних сполук, що сприяє розвитку токсичних хлорорганічних сполук. При високій концентрації цих елементів відбувається забруднення через систему водопостачання та водовідведення: питну воду, річки (нижче за течією), озера. Великим недоліком хлору є його потужність і токсичність. Що створює велику небезпеку під час транспортування, недотримання заходів безпеки під час зберігання та використання [15].

Хлорвмісні реагенти для знезараження води. Існує такий реагент, як діоксид хлору, який має більш високу бактерицидну та дезодоруючу властивість. Не виділяє хлорорганічних сполук, підвищує органолептичні властивості води. Безпечний під час транспортування, склад готується безпосередньо на місці. Використання хлорвмісних реагентів, таких як хлорне вапно, гіпохлорит натрію та кальцію, робить знезараження води менш небезпечним. Кількість розчину в 3-5 разів більше хлору, що збільшує вартість транспортування. Тривале зберігання реагентів знижує концентрацію. Дезінфекція води озонуванням.

Озонування води - метод знезараження води, в результаті якого при взаємодії озону з водою утворюється атомарний кисень, під його впливом ферментна система мікробних клітин руйнується, а деякі сполуки (гумінові) окислюються, вони дають воді неприємний запах. Кількість озону для знезараження води залежить від забруднення води і коливається від 1 до 6 мг / л при контакті з водою протягом 8-15 хвилин. Залишковий озон повинен знаходитися в межах 0,3-0,5 мг / л, якщо доза буде більшою, вода матиме специфічний запах, на елементах водопроводу буде корозія. Озонування забезпечує стабільні органолептичні показники, а також не виділяє високотоксичних елементів у очищеній воді. Для централізованого водопостачання слід застосовувати озольну дезінфекцію води, оскільки для цього способу дезінфекції води потрібна велика кількість електроенергії, використання складного обладнання, висококваліфікована служба.

Фізичні методи включають найпопулярніший метод ультрафіолетової дезінфекції води УФ-променями. Ультрафіолетові промені знищують як вегетативні, так і спорові форми бактерій, зберігаючи органолептичні властивості води. Отруйні шкідливі речовини не виділяються під час УФ-випромінювання, тому збільшення дози збільшить рівень дезінфекції. УФ-дезінфекція води не має ефекту післядії. Ультрафіолетова дезінфекція води є найбільш прийнятною для приватного використання через співвідношення ціни, відсутність складних технологічних елементів, а також мінімальне обслуговування.

Ультразвукова дезінфекція питної води забезпечується інтенсивними звуковими коливаннями різної частоти, які створюють бактерицидний тиск. Під тиском освітлення та знебарвлення в відстійниках, відстійниках з шаром зваженого мулу, швидких та повільних фільтрах та контактних відстійниках. Очищення води завершується дезінфекцією з використанням хлорування або озонування.

У деяких випадках подвійне хлорування природної води з високими дозами хлору, а іноді і її дехлорування використовують для усунення стійких запахів і смаків, для видалення планктону. При цьому первинне хлорування проводиться у водозабірній свердловині або насосній станції першого підйому. Після освітлення в відстійнику або після фільтрації проводиться вторинне хлорування.

Надлишок хлору видаляється в адсорбційних фільтрах, наповнених гранульованим активованим вугіллям. У разі дехлорування води оксидом сірки (IV) або іншими хімічними реагентами вугільні фільтри не застосовуються. Якщо в обробленій воді є солі заліза (II) та марганцю (II), проводиться подвійне хлорування - до відстоювання та після фільтрації.

Нещодавно були розроблені та впроваджені в практику водопідготовки нові технологічні схеми. У цих схемах використовуються електрокоагулятори, гідроциклони, тонкошарові відстійники, флотація під тиском, акустичні фільтри, контактні освітлювачі КР-3 (КО-3) та контактні фільтри КФ-5, повільні фільтри з механічним розпушуванням піску та гідромиття забруднень після промивання і т. д. Як приклад, розглянемо кілька типових технологічних схем [17].

Найпоширенішою як в нашій країні, так і за кордоном, є універсальна технологічна схема, показана на рис. 3.1. Її можна використовувати для очищення природної води будь-якої якості. Очищена вода подається в барабанні решітки під тиском перших підйомних насосів для видалення великих суспензій. Потім він надходить у змішувач, до якого додають хлор (первинне хлорування), коагулянт і, при необхідності, лужні реагенти (підлогування води). Після змішування з реагентами вода потрапляє в камеру формування пластівців, встановлену в відстійнику. Утворені великі заповнювачі пластівців випадають в осад у вертикальних або горизонтальних відстійниках. Вибір останнього залежить від продуктивності станції. Для високої продуктивності використовуються горизонтальні відстійники. Потім воду подають у швидкий фільтр, перед яким, за необхідності, до неї додають реагенти для дезодорування, фторування або інтенсифікації процесу фільтрації. Відфільтрована вода дезінфікується і направляється в резервуар для чистої води, звідки вона перекачується до мережі споживача води [18].

Якщо воду використовувати як технічну, то необхідність у її дезодоруванні, фторуванні та дезінфекції відпадає.

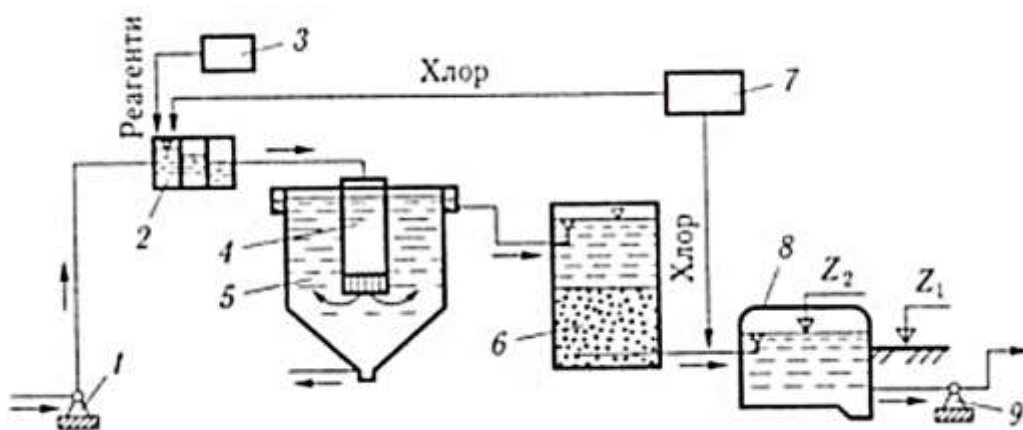


Рис. 3.1. Висотні схеми технологічних споруд водоочисних станцій з вертикальним відстійником і швидкими фільтрами: 1 – насосна станція першого підйому; 2 – змішувачі; 3 – реагентний цех; 4 – коловоротна камера пластівцеутворення; 5 - вертикальний відстійник; 6 – швидкі фільтри; 7 – хлораторна; 8 – резервуари чистої води; 9 – насосна станція другого підйому

Удосконалена технологічна схема (див. Рис. 3.2) передбачає реагентну обробку води, її освітлення та знебарвлення в шарі зваженого мулу та фільтрацію на швидких фільтрах. Тут функції камери утворення пластівців і відстійника об'єднані в одному апараті - відстійниках із завислим шаром осаду, що дозволяє активізувати процеси освітлення та знебарвлення. У цій технологічній схемі одночасно застосовуються двошарові або двопотокові фільтри конструкції АКХ і фільтри з великозернистим навантаженням. Крім того, ця схема передбачає видалення великих суспензій на барабанних сітках, дезодорування, фільтрацію та дезінфекцію. У порівнянні з попереднім, він більш компактний. Пристрої (конструкції), що входять до цієї технологічної схеми, менші за обсягом, але конструктивно складніші, а це, в свою чергу, ускладнює їх експлуатацію.

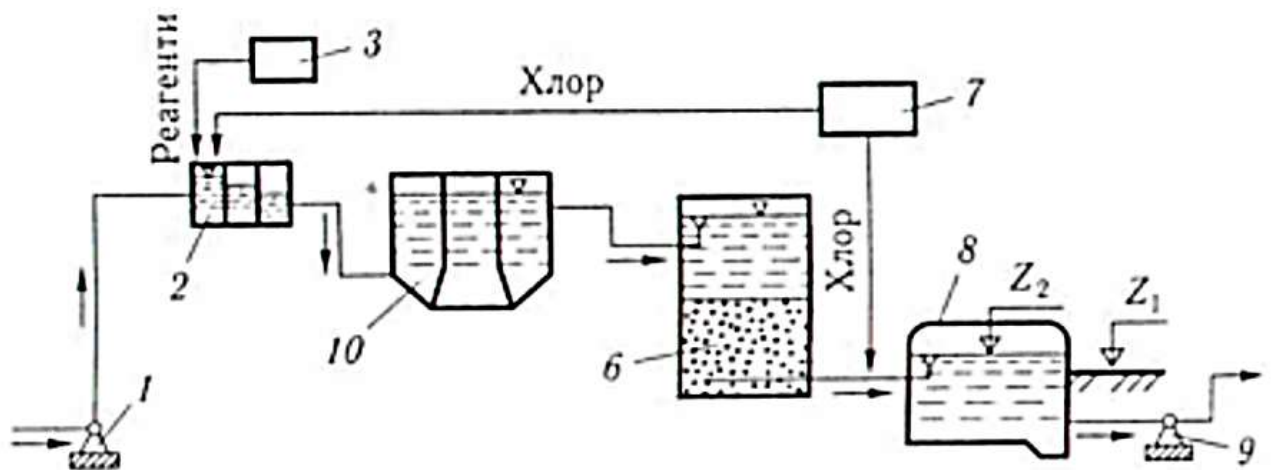


Рис 3.2. Висотні схеми технологічних споруд водоочисних станцій з прояснювачами і фільтрами: 1 – насосна станція першого підйому; 2 – змішувачі; 3 – реагентний цех; 6 – швидкі фільтри; 7 – хлораторна; 8 – резервуари чистої води; 9 – насосна станція другого підйому; 10 – прояснювачі із завислим осадом

### **3.2. Розробка біотехнології очищення питної води у Дарницькому районі м. Київ**

На станціях водопідготовки перед фільтруванням використовують об'ємну коагуляцію. В якості коагулянтів широко використовують солі алюмінію (сульфат алюмінію, хлорид та гідроксохлориди алюмінію) та заліза (сульфати та хлориди заліза), а також алюмінат натрію. У нашій країні та закордоном найчастіше використовують сульфат алюмінію (АС): він добре очищає воду від дрібних зважених часток. Однак, використання традиційних коагулянтів не завжди дозволяє отримувати питну воду високої якості за фізико-хімічними показниками, наприклад, при використанні сульфату алюмінію у воді залишаються високі концентрації залишкового алюмінію.

До недоліків застосування коагуляції також належить те, що: необхідно застосовувати великі концентрації коагулянту; необхідно завжди додавати флокулянт, що забезпечує та прискорює утворення пластівців та їх осадження; не забезпечується інактивація мікроорганізмів; виникає вторинний ріст та розмноження мікроорганізмів на завантаженні фільтру; необхідна велика кількість промивних вод; коагулянти складні у використанні та зберіганні. Також при коагуляції швидко забиваються поверхневі шари завантаження швидких і напірних фільтрів скоагульованими пластівцями коагулянту і завислих домішок з очищеної води. В результаті, потрібно частіше промивати завантаження фільтру, що спричиняє великі затрати води.

Використання контактної флокуляції дає можливість глибоко очистити воду від дрібнодисперсних домішок з осадженням їх з води практично рівномірно на поверхні всього об'єму завантаження фільтру. Крім цього, застосування флокуляції має ще ряд переваг, а саме: флокулянти достатньо діючі в малих концентраціях; їх можна використовувати окремо від коагулянту (катіонні флокулянти); вони мають антимікробну дію; не дають можливості вторинному росту мікроорганізмів на завантаженні чи в осаді; простіші у використанні та зберіганні.

Враховуючи результати аналізу якості води Дарницького району м. Києва, запропоновано використовувати спосіб доочищення питної води від життєздатних некультурабельних мікроорганізмів, в якому фільтрування води здійснюють крізь завантаження при одночасній подачі води і флокулянта на поверхню завантаження, при цьому як флокулянт використовують катіонний флокулянт полідіалілдиметиламоній хлорид (ДБ-45), а як завантаження – кварцовий пісок або активоване вугілля.

В присутності флокулянту мікроорганізми, які знаходяться у воді, зчіплюються між собою за рахунок адсорбції макромолекул флокулянта на поверхні мікроорганізмів. Пластівці, що утворюються, затримуються при фільтруванні на завантаженні. Антимікробний вплив флокулянта відбувається за рахунок наявності амонійних груп у його структурі.

Відомо, що катіонні електроліти мають позитивний поверхневий заряд, за рахунок чого відбувається їх адсорбція на поверхні клітини мікроорганізму, що призводить до блокування дихання, живлення та транспорту метаболітів крізь клітинну стінку. Далі вони порушують проникаючу здатність клітинної стінки мікроорганізмів та надходять всередину клітини, де вступають в електростатичну та гідрофобну взаємодію з фосфоліпідами та білками цитоплазматичної мембрани. Ці процеси призводять до розриву мембрани клітини, блокуванню дихальної системи та врешті решт до загибелі мікроорганізму. Такі умови забезпечують повну інактивацію кишкових бактерій *Escherichia coli* та дріжджоподібних грибів *Candida albicans*, що перебувають у ЖНС, з води.

В очищеній воді, що подається споживачу після водоочисних станцій, не повинно міститись бактерій групи кишкової палички, а також дріжджоподібних грибів. Однак дріжджоподібні гриби часто виділяються при мікологічному аналізі води, як з використанням класичного мікологічного методу, так і при застосуванні методу виявлення життєздатних некультурабельних мікроорганізмів. Відомо, що присутність *Escherichia coli* у життєздатному некультурабельному стані у воді сприяє виникненню кишкових розладів у людей, що її споживають [10]. Тому нами досліджено ступінь видалення з води культур *Escherichia coli* та *Candida albicans* у

різних концентраціях, що перебували в ЖНС, за допомогою контактнофлокуляційної установки.

Схема контактно-флокуляційної установки для доочистки питної води від мікробіологічних забруднень (бактерій, мікроскопічних грибів), що перебувають в життєздатному некультурабельному стані, представлена на рисунку 3.3.

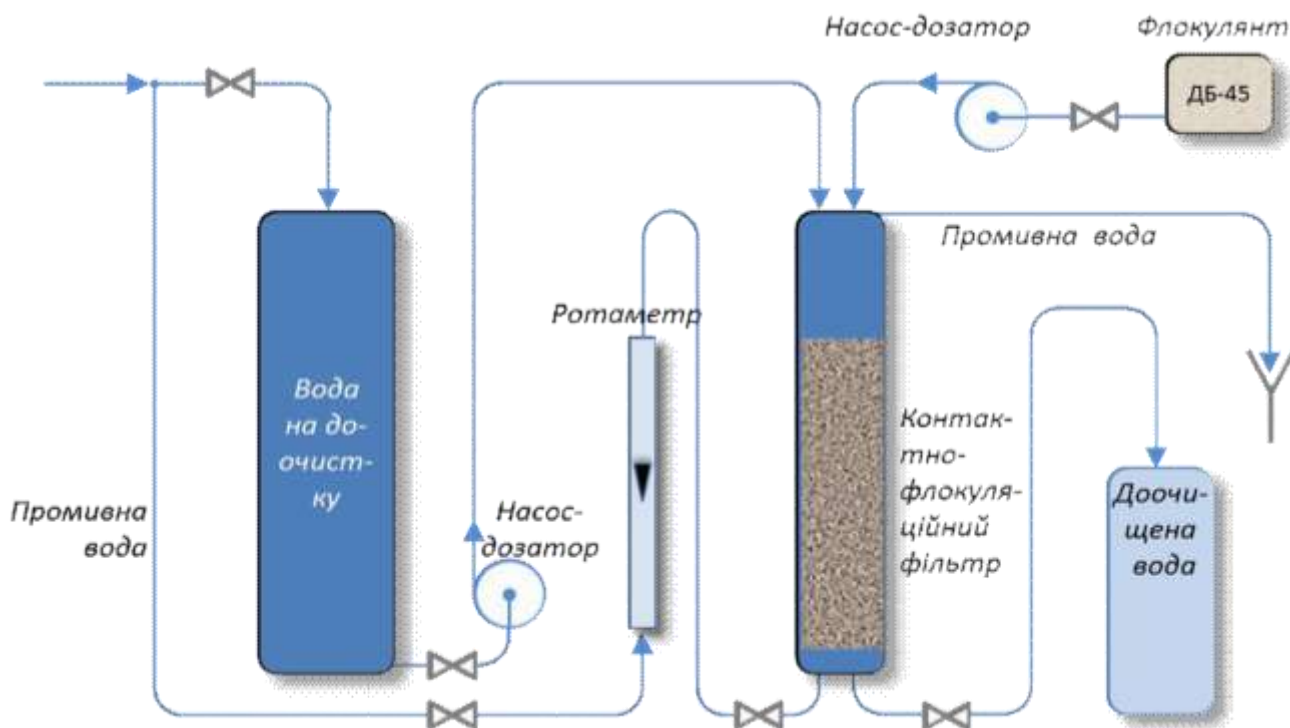


Рис 3.3. Схема контактно-флокуляційної установки для доочищення води

Контаміновану життєздатними некультурабельними клітинами *Escherichia coli* та *Candida albicans* воду фільтрували крізь контактно-флокуляційний фільтр, завантажений мезопористим кісточковим активованим вугіллям (КАВ), або кварцовим піском, з одночасною подачею флокулянта ДБ-45, концентрація якого становила 0,5 чи 1 мг/дм<sup>3</sup> (див. додаток Б). Діаметр фільтрувальної колонки становив 3,4 см, площа – 9,61 см<sup>2</sup>. Висота завантаження фільтра становила 60 см.

Швидкість подачі води – 5,5 м/год, продуктивність – 5,640 дм<sup>3</sup>/год доочищеної води. Фільтрат відбирали щогодини.

У процесі доочищення води за допомогою контактно-флокуляційної установки ступінь видалення мікроорганізмів з води залежить від вихідної їх концентрації, а

також концентрації флокулянту. Так, повне видалення культур *Escherichia coli* та *Candida albicans* при їх вихідній концентрації  $1 \cdot 10^2$  КУО/см<sup>3</sup> досягається при концентрації флокулянту ДБ-45 0,5 мг/дм<sup>3</sup>; якщо концентрація культур збільшується до  $1 \cdot 10^3$  КУО/см<sup>3</sup>, то концентрація флокулянту, яка забезпечує повне видалення культур, становить 1 мг/дм<sup>3</sup>. Як фільтруючий матеріал активоване вугілля краще проявило себе ніж кварцовий пісок у процесі доочищення, це пов'язано з тим, що активоване вугілля має більшу поверхню за рахунок пористості. Так при доочищенні води від дріжджоподібних грибів активоване вугілля затримувало клітини *Candida albicans* на один порядок більше у порівнянні з кварцовим піском. Однак, у випадку доочищення води від клітин *Escherichia coli* різниця за результатами між цими фільтруючими матеріалами не суттєво велика, тому можна рекомендувати використовувати як кварцовий пісок, так і активоване вугілля.

### 3.3 Висновки до розділу

В цьому розділі було проаналізовано технологій очищення води такі, як:

- хімічне або реагентне;
- фізичне або безреагентне;
- комбіноване;

Також було запропоновано технологічну схему контактано-флокуляційної установки, що може бути використана для доочищення від ряду мікроорганізмів та життєздатних некультурабельних мікроорганізмів водопровідної води, що надходить для водопостачання невеликих підприємств (лікарень, їдалень, поліклінік та ін.)



## ВИСНОВКИ

Було розглянуто ситуацію з питною водою в світі та в Україні, та проаналізовано питання забезпечення питною водою в різних регіонах України. Також було проаналізовано усі основні проблеми, що з цим пов'язані а саме :

- недостатність запасів питної води;
- погіршення якості питної води;
- деструкція муніципального централізованого водопостачання.

Розглянули основні вимоги до якості питної води, що визначаються ДСанПіН 2.2.4-171-10.

Ознайомились з інформацією з відкритих джерел, а також із дослідженнями, що стосуються визначення якості води в Дарницькому районі м. Києва, нами було визначені проблемні показники, які зумовлюють вибір технологічних схем очищення води.

Розглянули органолептичні, фізико-хімічні та мікробіологічні показники, які визначають якість питної води, а саме фізичні показники якості води – це температура, прозорість чи каламутність, кольоровість, органолептичні характеристики (смак і запах). До хімічних показників якості води належать активна кислотність (рН), окиснюваність, наявність азотних сполук, розчинені гази, сухий залишок, твердість, лужність, хлориди, сульфати, залізо, марганець, а також специфічні забруднювальні речовини, радіонукліди, важкі метали.

Таким чином, якість води оцінюється комплексом різних показників, які визначають її властивості. Залежно від ступеня забрудненості води і виду водокористування кількість і набір показників, достатніх для характеристики її якості, може суттєво змінюватись.

Також було проаналізовано технології очищення води таких, як хімічне, фізичне та комбіноване.

Після аналізу технологій очищення води, які були представлені, нами було запропоновано технологічну схему контактної-флокуляційної установки, що може бути використана для доочищення від ряду мікроорганізмів та життєздатних некультивуємих мікроорганізмів водопровідної води, що надходить для водопостачання невеликих підприємств (лікарень, їдалень, поліклінік та ін.).

## СПИСОК БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Технологія та обладнання одержання питної та технічної води. Практикум. Частина 1. [Електронний ресурс]: навчальний посібник для студ. спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія», спеціалізації «Хімічні технології неорганічних речовин та водоочищення» / Н.М. Толстопалова, М.І. Літинська, Т.І. Обушенко; КПІ ім. Ігоря Сікорського.–Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 101 с.
2. Тугай А. М. Водопостачання: Підручник / Тугай А.М., Орлов В.О.-К.: Знання, 2009. – 735 с.
3. Хоружий П. Д. Ресурсозберігаючі технології водопостачання. / Хоружий П.Д., Хомуцька Т. П., Хоружий В.П. - К.: Аграрна наука, 2008. – 534 с.
4. Современная децентрализованная водоподготовка. Часть 1. Актуальные водные проблемы / Под ред. Т.Е. Митченко. – К.: ВВО WATERNET, 2018. – 95 с.
5. МВ 10.2.1-113-2005. Санітарно-мікробіологічний контроль якості питної води. Методичні вказівки. Наказ МОЗ України N 60 від 03.02.2005.
6. Кульский А. Технология очистки природных вод. / Кульский А. Строкач П.П. К: «Вища школа», 1981. – 328 с.
7. Мікрومیцети в питній воді та шляхи її знезараження. / Гончарук В.В., Руденко А.В., Савлук О.С. та ін. // Доповіді НАН України, 2008. – № 11. – С. 187–191.
8. Микромицеты в источниках водоснабжения и водопроводной воде. [Електронний ресурс] / В. В.Гончарук, А. В. Руденко, О. С. Савлук, М. Н. Сапрыкина. // Вода : гігієна та екологія, 2013. – № 2(1). – С. 34–48.
9. Саприкіна М.М. Водопровідна вода – нова загроза здоров'ю людей (за матеріалами наукового повідомлення на засіданні Президії НАН України 7 травня).
10. Бабенков Е. Д. Очистка воды коагулянтами / Бабенков. Е. Д. – М. : Наука, 1977. – 356 с
11. Запольський А.К. Водопостачання, водовідведення та якість води. / А.К. Запольський – К : Вища школа, 2005. – 670 с
12. ДСТУ 7527:2014. Вода питна. Вимоги та методи контролювання якості.

13. Методы и способы очистки воды [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://oil-filters.ru/water\\_cleaning\\_methods](http://oil-filters.ru/water_cleaning_methods).
14. Литвинова А. Современные методы очистки воды. Какой выбрать? / [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://nature-time.ru/2014/09/sovremennyye-metodyi-ochistki-vodyi>
15. Мосин О. В. Биологическая очистка сточных вод. / Мосин О. В. – М.: Высшая школа, 2006. – 150 с.
16. Фізико-хімічні методи очищення води. Управління водними ресурсами / Під редакцією І.М. Астреліна, Х. Ратнавіри. – К.: «Ніка-Центр», 2015. – 614 с.
17. Мицук О.А. Сучасні технології підготовки питної води / Мицук О.А., Мідяний С.В., Мазурак О.Т. // Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького . – 2008. – №2-4 – (37). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/suchasni-tehnologiyi-pidgotovki-pitnoyi-vodi> (дата звернення: 14.05.2021).
18. Мокиенко А.В. Вода: к взаимосвязи гигиены и экологии. / Мокиенко А.В. / Вода: гигиена и экология , 2013. – №1(1). – С. 20–34.
19. Воронов Ю.В. Водоотведение и очистка сточных вод. Учебник для вузов. / Воронов Ю.В., Яковлев С.В. – М. Издательство Ассоциации строительных вузов, 2006. – 704 с.
20. Карта якості води в Україні Режим доступа:<https://ecosoft.ua/ua/water-map/> (дата звернення 18.04.2021 р). – Назва з екрана.
21. Кос'янчук Н.І. Вивчення вимог до питної води за нормативними документами, чинними в Україні та директивах ЄС/ Кос'янчук Н.І., Кузьменко Н.В. // Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького . – 2011. – №2-2 – (48). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vivchennya-vimog-do-pitnoyi-vodi-za-normativnimi-dokumentami-chinnimi-v-ukrayini-ta-direktivah-es> (дата звернення: 14.05.2021).
22. Картрайт П. С. Новые проблемы загрязнения питьевой воды / Картрайт П. С. // Вода и водоочистные технологии, 2018. – №1(87). – С. 4-12.

23. Рябчиков Б.Е. Современная водоподготовка. / Рябчиков Б.Е. – М.: Дели плюс, – 2013. – 680 с.
24. Современная децентрализованная водоподготовка. Часть 1. Актуальные водные проблемы / Под ред. Т.Е. Митченко. – К.: ВВО WATERNET, 2018. – 95 с.
25. Экологические аспекты современных технологий охраны водной среды / В.В. Гончарук, А.П. Чернявская, В.Н. Жукинский и др. – К.: Наукова думка, – 2005. – 400 с.
26. Водний кодекс України : Закон України від 06.06.1995 № 213/95-ВР. Відомості Верховної Ради України, 1995, № 24, – Ст.189.

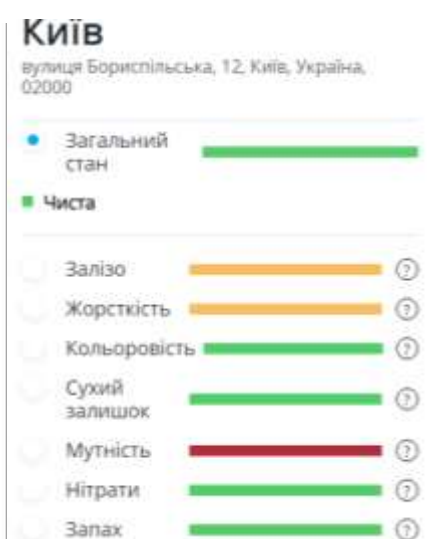
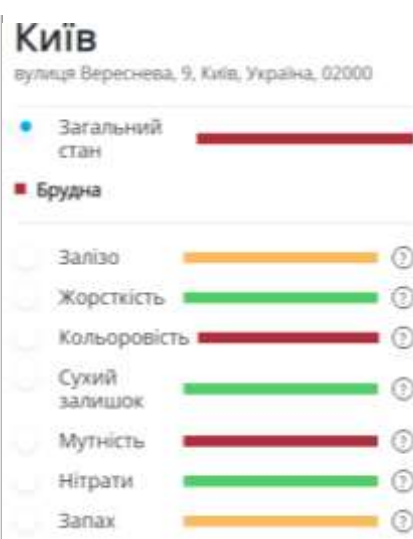
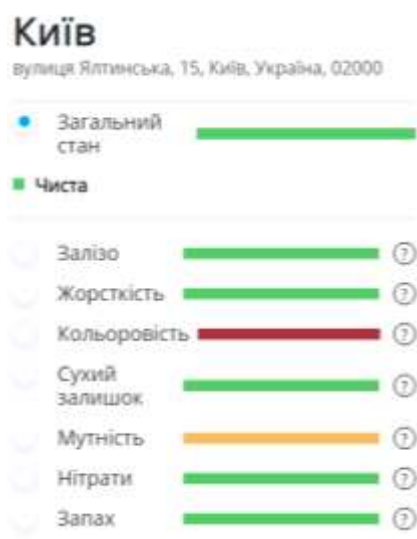
## Санітарно-хімічні показники безпечності та якості питної води

| Найменування показників                  | Одиниця вимірювання   | Нормативи для питної води   |                                |  |
|--|---|---|--------------------------------|--|
|  |   | водопровідної   | з колодязів і каптажів, джерел | фасованої, з пунктів розливу та бюветів  |
| Запах:<br>при t = 20 °С<br>при t = 60 °С | бали  | $\leq 2$<br>$\leq 2$  | $\leq 3$<br>$\leq 3$           | $\leq 0$ (2)4<br>$\leq 1$ (2)4   |
| Кольоровість                             | градуси   | $\leq 20$ (35)1   | $\leq 35$                      | $\leq 10$ (20)4  |
| Мутність                                 | нефелометрична<br>одиниця мутності<br>(1 НЬОМУ = 0,58<br>мг/дм <sup>3</sup> ) | $\leq 1,0$ (3,5)1<br>$\leq 2,6$ (3,5)1<br>– для підземного<br>джерела | $\leq 3,5$                     | $\leq 0,5$ (1,0)4  |
| Смак і присмак                           | бали  | $\leq 2$  | $\leq 3$                       | $\leq 0$ (2)4  |
| Водневий показник                        | одиниці рН  | 6,5–8,5   | 6,5–8,5                        | 6,5–8,5<br>( $\leq 4,5$ )5   |
| Діоксид вуглецю                          | %   | не визначається   | не визначається                | 0,2–0,3 для<br>слабогазованої<br>0,31–0,4 для<br>середньогазованої<br>> 0,4 для<br>сильногазованої |
| Залізо загальне                          | мг/дм <sup>3</sup>  | $\leq 0,2$ (1,0)1   | $\leq 1,0$                     | $\leq 0,2$   |
| Загальна жорсткість                      | ммоль/дм <sup>3</sup>   | $\leq 7,0$ (10,0)1  | $\leq 10,0$                    | $\leq 7,0$   |
| Загальна лужність                        | ммоль/дм <sup>3</sup>   | не визначається   | не визначається                | $\leq 6,5$   |

## ПРОДОВЖЕННЯ ДОДАТКУ А

| Найменування показників   | Одиниця вимірювання                          | Нормативи для питної води                  |                               |             |
|---|--|--|-------------------------------|-------------|
|   |  | водопровідної, з пунктів розливу / бюветів | з колодязів і каптажів джерел | фасованої   |
| Загальне мікробне число при t = 37 °С – 24 години   | КУО/см <sup>3</sup>                          | ≤ 100 / ≤ 50                               | не визначається               | ≤ 20        |
| Загальне мікробне число при t = 22 °С – 72 години   | КУО/см <sup>3</sup>                          | не визначається                            | не визначається               | ≤ 100       |
| Загальні коліформи  | КУО/100 см <sup>3</sup>                      | відсутність                                | ≤ 1                           | відсутність |
| E.coli  | КУО/100 см <sup>3</sup>                      | відсутність                                | відсутність                   | відсутність |
| Ентерококи  | КУО/100 см <sup>3</sup>                      | відсутність                                | не визначається               | відсутність |
| Синьогнійна паличка (Pseudomonas aeruginosa)  | КУО/100 см <sup>3</sup>                      | не визначається                            | не визначається               | відсутність |
| Патогенні ентеробактерії  | наявність в 1 дм <sup>3</sup>                | відсутність                                | відсутність                   | відсутність |
| Коліфаги  | КУО/дм <sup>3</sup>                          | відсутність                                | відсутність                   | відсутність |
| Ентеровіруси, аденовіруси, антигени ротавірусів, реовірусів, вірусу гепатиту А та інші  | наявність у 10 дм <sup>3</sup>               | відсутність                                | відсутність                   | відсутність |
| Патогенні кишкові найпростіші: цисти криптоспоридій, ізоспор, цисти лямблій, дизентерійних амеб, балантидія кишкового та інші | клітини, цисти в 50 дм <sup>3</sup>          | відсутність                                | відсутність                   | відсутність |
| Кишкові гельмінти   | клітини, яйця, личинки, в 50 дм <sup>3</sup> | відсутність                                | відсутність                   | відсутність |

Результати фізико-хімічного аналізу проб води Дарницького району м. Києва





## Ступінь видалення мікроорганізмів з води

| Фільтрування через кварцовий пісок           |   |         | Фільтрування через КАВ                       |   |         |
|--|---|---------|--|---|---------|
| Вихідна концентрація,<br>КУО/см <sup>3</sup> | Концентрація у<br>фільтраті,<br>КУО/см <sup>3</sup> |         | Вихідна концентрація,<br>КУО/см <sup>3</sup> | Концентрація у<br>фільтраті,<br>КУО/см <sup>3</sup> |         |
|  | 1 година  | 5 годин |  | 1 година  | 5 годин |
| <i>Escherichia coli</i>                      |   |         |  |   |         |
| Концентрація ДБ-45 – 0,5 мг/дм <sup>3</sup>  |   |         |  |   |         |
| 1,1·10 <sup>2</sup>                          | 0   | 0       | 1,4·10 <sup>2</sup>                          | 0   | 0       |
| 7,7·10 <sup>3</sup>                          | 311   | 300     | 4·10 <sup>3</sup>                            | 88  | 140     |
| Концентрація ДБ-45 – 1 мг/дм <sup>3</sup>    |   |         |  |   |         |
| 4,1·10 <sup>3</sup>                          | 0   | 0       | 5·10 <sup>3</sup>                            | 0   | 0       |
| 3,9·10 <sup>4</sup>                          | 70  | 378     | 2,2·10 <sup>4</sup>                          | 10  | 100     |
| 5,4·10 <sup>5</sup>                          | 200   | 2000    | 1·10 <sup>5</sup>                            | 20  | 8400    |
| <i>Candida albicans</i>                      |   |         |  |   |         |
| Концентрація ДБ-45 – 0,5 мг/дм <sup>3</sup>  |   |         |  |   |         |
| 1·10 <sup>2</sup>                            | 0   | 0       | 7·10 <sup>2</sup>                            | 0   | 0       |
| 1,2·10 <sup>3</sup>                          | 4   | 4       | 1·10 <sup>3</sup>                            | 0   | 0       |
| 2,5·10 <sup>4</sup>                          | 133   | 143     | 1,2·10 <sup>4</sup>                          | 5   | 34      |
| Концентрація ДБ-45 – 1 мг/дм <sup>3</sup>    |   |         |  |   |         |
| 1,5·10 <sup>3</sup>                          | 0   | 0       | 1,5·10 <sup>3</sup>                          | 0   | 0       |
| 2,6·10 <sup>4</sup>                          | 23  | 96      | 2·10 <sup>4</sup>                            | 2   | 7       |
| 1·10 <sup>5</sup>                            | 300   | 1200    | 1·10 <sup>5</sup>                            | 45  | 650     |