

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет лісового господарства та екології
Кафедра загальної екології

Кваліфікаційна робота
на правах рукопису

Фещенко Олена Вікторівна

УДК 504.453(282.247.32)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**МІКРОБІОЛОГІЧНА ОЦІНКА ЯКОСТІ ПИТНОЇ ВОДИ НА РІЗНИХ
СТАДІЯХ ВОДОПІДГОТОВКИ НА ПРИКЛАДІ
КП «ЖИТОМИРВОДОКАНАЛ»**

101 Екологія

(шифр і назва спеціальності)

Подається на здобуття освітнього ступеня «Магістр»

Науково-професійна робота містить результати власних досліджень.
Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на
відповідне джерело

О.В. Фещенко

(підпис, ініціали та прізвище здобувача вищої освіти)

Науковий керівник:

Лесь А.В.

(прізвище, ім'я, по батькові)

кандидат економічних наук, доцент

(науковий ступінь, вчене звання)

АНОТАЦІЯ

Фещенко О.В. Мікробіологічна оцінка якості питної води на різних стадіях водопідготовки на прикладі КП «Житомирводоканал». – Кваліфікаційна робота на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра за спеціальністю 101 – екологія. – Поліський національний університет, Житомир, 2020.

У роботі встановлено, що вивчення бактеріологічного стану водних об'єктів, що є джерелами централізованого водопостачання, наразі є одним з найважливіших завдань. Особливо, з огляду на значний вплив господарської діяльності людини на поверхневі води та недостатні темпи модернізації обладнання для водопідготовки. У роботі наведено результати аналізів води з джерел централізованого водопостачання на різних стадіях водопідготовки за мікробіологічними показниками протягом 2019-2020 р.р.: загальне мікробне число (ЗМЧ) та загальна кількість колифагів. Доведено, що існуюча технологія знезараження води з джерел централізованого водопостачання є ефективною у знешкодженні мікробного забруднення. У результаті досліджень виявлено залежність концентрації мікроорганізмів у водних джерелах централізованого водопостачання від погодних умов.

Ключові слова: мікробіологічне забруднення, питна вода, водопідготовка, епідеміологічний показник, моніторинг якості води, сезонні зміни.

SUMMARY

Feshchenko O.V. Microbiological assessment of drinking water quality at different stages of water treatment on the example of KP «Zhytomyrvodokanal». - Manuscript qualification work.

Qualification work for the master's degree in specialty 101 – ecology. – Polissia National University, Zhytomyr, 2020.

It is established that the study of the bacteriological condition of water bodies, which are sources of centralized water supply, is currently one of the most important tasks. Especially, given the significant impact of human economic activity on surface waters and the insufficient pace of modernization of water treatment equipment. The paper presents the results of analyzes of water from centralized water supply sources at different stages of water treatment by microbiological indicators during 2019-2020: total microbial count (TBM) and total number of coliphages. It is proved that the existing technology of water disinfection from centralized water supply sources is effective in neutralizing microbial contamination. As a result of researches dependence of concentration of microorganisms in water sources of the centralized water supply on weather conditions is revealed.

Key words: microbiological pollution, drinking water, water treatment, epidemiological indicator, monitoring of water quality, seasonal changes.

ЗМІСТ

	Стор.
ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1. ОСОБЛИВОСТІ ЗАБРУДНЕННЯ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД – ОСНОВНИХ ДЖЕРЕЛ ЦЕНТРАЛІЗОВАНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ.....	9
РОЗДІЛ 2. ПРОГРАМА, МЕТОДИКА ТА ХАРАКТЕРИСТИКА ПРЕДМЕТА ДОСЛІДЖЕНЬ.....	11
2.1. Програма проведення дослідження.....	11
2.2. Методика проведення досліджень.....	11
2.3. Характеристика джерел централізованого водопостачання КП «Житомирводоканал».....	14
РОЗДІЛ 3. ОЦІНКА ЯКОСТІ ВОДИ ЗА МІКРОБІОЛОГІЧНИМИ ПОКАЗНИКАМИ У ПРОЦЕСІ ЇЇ ВОДОПІДГОТОВКИ НА КП «ЖИТОМИРВОДОКАНАЛ».....	17
3.1. Технологічна схема знезараження води на КП «Житомирводоканал».....	17
3.2. Мікробіологічна оцінка якості води на різних стадіях водопідготовки КП «Житомирводоканал».....	19
3.3. Оцінка якості питної води за епідеміологічним показником	28
ВИСНОВКИ.....	32
ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ.....	33
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	34

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. У всіх розвинутих країнах якість води є предметом особливої уваги держави, засобів масової інформації та населення. Споживацьке відношення до водних об'єктів зумовлює негативні зміни у складі, якості та властивостях води, що відбуваються за рахунок впливу антропогенних факторів. Проблема водних ресурсів для України надзвичайно актуальна, зокрема і для Житомирської області. Однією з найважливіших проблем питної води є охорона водних ресурсів – джерел водопостачання населення, підприємств та інших споживачів води.

Необхідність охорони водних ресурсів в місті Житомир в КП «Житомирводоканал» викликається недостатньою потужністю очисних споруд, неефективністю їх роботи, внаслідок перевантаження та спрацювання обладнання. Зокрема слід відзначити, що якість джерела питного водопостачання води поверхневих вод річки Тетерів водосховища «Відсічне» та «Дениші» із незадовільним екологічним станом, що і обумовлює актуальність та важливість обраної теми й проблем, які досліджуються.

Мета і завдання дослідження. Метою досліджень була оцінка якості питної води на різних стадіях водопідготовки за мікробіологічними показниками на прикладі КП «Житомирводоканал» .

Для досягнення поставленої мети досліджень передбачалось вирішити такі завдання:

- охарактеризувати джерела централізованого водопостачання м. Житомир;
- проаналізувати технологію знезараження води з джерел централізованого водопостачання на різних стадіях підготовки на прикладі КП «Житомирводоканал»;

- оцінити якість води з джерел централізованого водопостачання за мікробіологічними показниками на різних стадіях водопідготовки КП «Житомирводоканал»;
- дослідити сезонні зміни якості питної води з джерел централізованого водопостачання;
- оцінити якість води за епідеміологічним показником на різних стадіях водопідготовки;
- провести SWOT-аналіз технології знезараження води та розробити рекомендацій для покращення якості питної води.

Об'єкт дослідження – якість питної води централізованого водопостачання за епідеміологічними показниками.

Предмет дослідження – питна вода та технологія її водопідготовки на КП «Житомирводоканал».

Методи дослідження. Для виконання роботи використовували загальнонаукові та спеціальні методи досліджень: хімічний (визначення загального хлору), мікробіологічний (загальне мікробне число, колі-індекс), порівняльно-розрахунковий та статистичний (обробка результатів за 2019-2020 роки), SWOT-аналіз (розробка рекомендацій).

Наукова новизна одержаних результатів. Вперше проведено комплексну бактеріологічну оцінку поверхневих вод річки Тетерів, водосховища «Відсічне» та «Дениші», а також РЧВ-1, РЧВ-2 в місті Житомирі.

Практичне значення одержаних результатів. Отримані результати досліджень можуть бути використані керівництвом КП «Житомирводоканал» для впровадження заходів з удосконалення або модернізації системи очищення питної води з метою забезпечення населення міста безпечною та якісною водою.

Апробація результатів дослідження. Основні положення і результати досліджень у 2020 році апробовано і представлено у фаховому журналі «Технологічний аудит та резерви виробництва».

Основні положення, що виносяться на захист:

- характеристика джерел централізованого водопостачання КП «Житомирводоканал»;
- аналіз технології знезараження води на різних стадіях водопідготовки;
- якість питної води за мікробіологічними показниками на різних стадіях водопідготовки;
- аналіз сезонних змін у якості питної води за мікробіологічним показниками;
- оцінка якості води за епідеміологічним показником на етапах водопідготовки КП «Житомирводоканал».
- SWOT-аналіз технології знезараження води та розробка рекомендацій для покращення якості питної води.

РОЗДІЛ 1. ОСОБЛИВОСТІ ЗАБРУДНЕННЯ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД – ОСНОВНИХ ДЖЕРЕЛ ЦЕНТРАЛІЗОВАНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ

Серед найбільш вагомих чинників забруднення поверхневих вод виділяють комунально-побутові та промислові стічні води, які в основному є неочищеними, або недостатньо очищеними. Скид цих вод здійснюється декілька ми шляхами: 1) безпосередньо у водні джерела; 2) через міську каналізаційну систему; 3) з поверхневим стоком з території, що забруднені [10, 23, 30].

Найбільшу частку забруднення вносять стічні води з промислових підприємств. Згідно класифікації А.Г. Гусєва, ці води за складом забруднювачів, що містяться в них, і за характером дії на річки та водойми поділяють на чотири групи:

1) стічні води, що вмішують неорганічні домішки зі специфічними токсичними властивостями – це стічні води содових, сірчано-кислотних, азотно-тукових заводів, підприємств чорної металурги і машинобудівних, рудозбагачувальних фабрик свинцевих, цинкових руд тощо. Основними забруднювачами виступають солі, луги, миш'як, мідь, свинець та інші важкі метали, оксиди і гідроксиди металів, сірчані сполуки тощо. Вплив таких скидань призводить до зміни кольору і прозорості води, поява неприємного смаку та запаху;

2) стічні води, що містять мінеральні домішки без специфічної токсичної дії – це переважно стоки збагачувальних фабрик з переробки різних руд. Основними забруднювачами виступають завислі мінеральні речовини і дрібні частки породи. Вплив цих речовин є аналогічним стічним водам першої групи, але менш з вираженою дією;

3) стічні води із органічними добавками без специфічних токсичних властивостей – це, в основному, стоки підприємств харчової промисловості, які негативно впливають на воду річок і водойм. При цьому вони здатні поглинати розчинений кисень у воді, створювати несприятливий газовий

режим. Тому можемо спостерігати зміну кольору води та появу різкого специфічного запаху.

4) стічні води, що вміщують органічні домішки зі специфічними токсичними властивостями – це промислові стічні води хімічних, коксохімічних, нафтопереробних та інших підприємств, які разом із нетоксичними забруднювачами містять і отруйні речовини: смоли, феноли, нафтопродукти, сірчані сполуки та ін. Під дією таких речовин вода забарвлюється, стає каламутною, покривається флуоресцентною плівкою і стає непридатною до використання. Особливо шкідливий вплив на водойми мають стічні води нафтопереробних підприємств. При скиданні таких стоків на поверхні води утворюється нафтова плівка, котра є перепорою для надходження кисню у воду [1, 16, 12].

Протягом останніх років спостерігається насичення токсичними міючими речовинами господарсько-побутових стічних вод з населених пунктів, окрім цього вони насичені патогенними мікроорганізмами [12].

Серед усіх видів стічних вод, найбільшу кількість патогенних мікроорганізмів містять у собі стоки крупних тваринницьких комплексів. З усієї кількості мікроорганізмів, що містять у цих водах, біля 50% відносять до умовно-патогенної (кишкова паличка) та патогенної (сальмонели, лептоспіри, паличка Коха тощо). Також вони містять солі азоту, фосфору, калію, що становлять цінність у якості добрив. Проте необхідно пам'ятати про знезараження тваринницьких стоків [13, 30].

Також джерелами забруднення поверхневих вод виступають: дренажні та стічні води із зрошуваних земель, які є засоленими; води з теплових і атомних електростанцій, які за рахунок високої температури сприяють термічному забрудненню води, стимулюючи при цьому ріст та розвиток водоростей; радіоактивному забрудненню сприяють стічні води атомних електростанцій та гірничодобувних підприємств [25, 28].

Склад поверхневого стоку формується в залежності від території:

1) населенні пункти – склад подібний до господарсько-побутових стічних вод;

2) промислові підприємства – у складі містяться нафтопродукти, мастила, продукти виробництва тощо;

3) земельні угіддя, що оброблялись з використанням добрив і пестицидів – склад формується за рахунок діючої речовини пестицидів чи мінодобрив. Ці стоки, попадаючи в річки та водойми, змінюють в них біологічні процеси, внаслідок чого виникає масовий розвиток водоростей;

4) тваринницькі ферми. Серед усіх видів стічних вод, найбільшу кількість патогенних мікроорганізмів містять у собі стоки крупних тваринницьких комплексів. З усієї кількості мікроорганізмів, що містять у цих водах, біля 50% відносять до умовно-патогенної (кишкова паличка) та патогенної (сальмонели, лептоспіри, паличка Коха тощо). Також вони містять солі азоту, фосфору, калію, що становлять цінність у якості добрив. Проте необхідно пам'ятати про знезараження тваринницьких стоків [23, 24].

За даними А.В. Яцика, найбільшим забруднювачем поверхневих вод в Україні є промисловість, яка скидає більше половини усіх скидних вод. На другому місці серед забруднювачів є комунальне господарство, далі йде сільське господарство. Водні ресурси мають надзвичайно важливе екологічне значення, а також відіграють важливу роль в економічному і соціальному розвитку країни. Здійснений аналіз стану водних ресурсів Житомирської області дозволяє стверджувати, що основними проблемами у цій сфері є суттєве забруднення поверхневих водних об'єктів області [3, 25, 30].

Отже, для покращення якості питної води, зменшення тиску на системи водопідготовки води необхідно забезпечити впровадження ефективної системи очищення стічних вод, з врахуванням особливостей їх утворення. З огляду на значний вплив господарської діяльності людини на поверхневі води, наразі є одним з найважливіших завдань сучасних гідроекологічних досліджень є вивчення бактеріологічного стану водних об'єктів, що є джерелами водопостачання.

РОЗДІЛ 2. ПРОГРАМА, МЕТОДИКА ТА ХАРАКТЕРИСТИКА ПРЕДМЕТА ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Програма проведення дослідження

Протягом 2019-2020 рр. здійснювали мікробіологічні дослідження якості води з джерел централізованого водопостачання на різних стадіях водопідготовки КП «Житомирводоканал». Програмою дослідження було визначено такі питання:

1. Охарактеризувати водосховища, що використовуються у якості водозабору для забезпечення питною водою населення м. Житомир.

2. Проаналізувати технологію знезараження води на стадіях водопідготовки КП «Житомирводоканал».

3. Визначити якість питної води за мікробіологічними показниками на різних стадіях водопідготовки КП «Житомирводоканал».

4. Проаналізувати сезонні зміни якості води з джерел централізованого водопостачання

5. Оцінити якість питної води за епідеміологічним показником у різні пори року.

6. Розробити заходи, спрямовані на покращення питної води, яка споживається населенням.

2.2. Методика проведення досліджень

Дослідження мікробіологічних та хімічних показників обраних об'єктів проводили відповідно до методик затверджених Міністерством охорони здоров'я та діючих ДСТУ. Відбір проб води з джерел централізованого водопостачання здійснювали за стандартною методикою ДСТУ ISO 5667-2:2003 «Якість води. Відбір проб. Настанови щодо методів відбирання проб».

Визначення мікробіологічних показників у воді проводилося згідно методичних вказівок «Санітарно-мікробіологічний контроль якості питної

води», які затверджені наказом Міністерства охорони здоров'я України № 60 від 3 лютого 2005 року:

- загальне мікробне число – метод глибинного посіву; основні вимоги: об'єм води – 1 см³, середовище – поживний агар, температура вирощування посівів – 36°C (1 доба) або 24°C (2 доби); обробка результатів – підрахувати всі колонії, що виростили на чашці Петрі, в КУО/см³;

- визначення групи кишкових паличок – метод мембранної фільтрації; основні вимоги: об'єм води – 300 см³, середовище – Ендо, інкубація – чашки знаходяться догори дном, температура вирощування посівів – 36°C (1 доба); обробка результатів – підрахувати колонії кожного типу, що виростили на чашці Петрі. Потім проводять ідентифікацію 3-4 колоній кожного типу за оксидазною активністю, мікроскопією препарату фарбованого за Грамом, ферментацією глюкози або лактози; обробка результатів – розрахувати колі-індекс (кількість кишкової палички в 1 дм³ води).

Державні вимоги до якості та безпечності питної води визначені у ДСанПіН 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» від 12.05.2010 р. [9].

Для проведення комплексної оцінки якості води користувалися епідеміологічним (мікробне забруднення) критерієм. Оскільки, деякі показники можуть відноситися до кількох груп шкідливості, то при комплексній оцінці розрахунок проводили для кожної лімітуючої ознаки окремо за формулою [5]:

$$W = 1 + \frac{\sum_{i=1}^n (\delta_i - 1)}{n}; \quad \delta_i = \frac{C_i}{N_i},$$

де W – комплексна оцінка ступеня забруднення води за певною лімітуючою ознакою шкідливості;

n – кількість показників, які при розрахунку використовували;

N_i – значення нормативу окремого показника (в основному $N_i = ГДК_i$);

δ_i – кратність перевищення фактичної концентрації i -го інгредієнта у воді (c_i) до значення нормативу окремого показника.

Якщо $\delta_i < 1$, тобто концентрація менше за норматив, то приймаємо $\delta_i = 1$.

Рівень забруднення за епідеміологічним критерієм визначався відповідно до табличних діапазонів значень комплексних оцінок W [5]: допустимий рівень становить 1; помірний – 1,0–10,0; високий – 10,0–100,0; дуже високий – $>100,0$.

2.3. Характеристика джерел централізованого водопостачання КП «Житомирводоканал»

Всі водосховища, як штучні водойми, створюються з певною метою. Проте вони здатні забезпечити потрібні ресурси води для господарського-побутових потреб населеного пункту. Це стосується і м. Житомира, оскільки водосховище «Відсічне» є джерелом централізованого водопостачання та головним водозабірним об'єктом, площею 320 га та із запасами води 10 200 тис. м³. Загальна площа обслуговування в межах басейну р. Тетерів складає 3388,83 км [11, 27].

Основою стоку річки Тетерів є атмосферні опади, оскільки підземні води майже не беруть участь при формуванні стоку річки [22, 27]. У літній період річка Тетерів, яка є постачальником води в місто Житомир, пересихає в основному у верхів'ях. Враховуючи, що протягом останніх років спостерігається значна посушливість (безсніжні зими, низький рівень випадання дощу), то виникають проблеми щодо забезпечення достатнім обсягом питної води та відповідною якістю. Рівень води за 2019 рік є найнижчим меженних значень за багаторіччя, що обумовлюється відсутністю опадів у літньо-осінній період. Середньомісячна температура за осінньо-зимовий період перевищувала норму на 1,6-3,6°C [11].

Переважає більшість водосховищ Житомирської області збудована на малих річках, що зумовлює зарегульованість водного стоку до 55-70%.

Технічний стан більш як 60 % водойм незадовільний, вони замулені на 15-40% [22, 27].

Влітку більшість людей Житомира використовують природоохоронні об'єкти, як зони рекреаційного відпочинку (наприклад пляжі села Перлявка). Навіть не задумуючись, що ця вся вода потім йде до водосховища міста [27]. Зокрема, вченими доведено, що під час купання людина стає джерелом бактеріального забруднення, тільки кишкової палички змивається до 20 млн., а сапрофітних бактерій у десяти разів більше.

Проте, влітку спостерігається зростання чисельності мікроорганізмів із збільшенням температури повітря, особливо у стоячій воді [22]. Дане твердження спостерігається у водосховищі «Відсічне» протягом останніх років, при зменшенні рівня води спостерігається її стояння, що сприяє процесам евтрофування, збільшенням чисельності бактерій, зокрема кишкової палички. Все це зумовлює погіршення якості води, в результаті чого відбувається замулення водойм [6, 22]. Системи очищення в КП «Житомирводоканал» не справляються з очищенням такої низької якості води, оскільки технологічний процес не розрахований.

На території очисних споруд використовують безнапірні, збірні з залізобетону резервуари чистої води (далі РЧВ), у яких вже зберігається очищена питна вода. В плані РЧВ прямокутного типу глибиною 5м. Зверху перекриті ребристими залізобетонними плитами, що опираються на балки і колони. Дно армоване, бетонне з нахилом в сторону збірного приямка. Для споруд двоступеневої очистки (фільтри, відстійники) збудовані РЧВ об'ємом 5 тис. м³ в кількості 2 шт. Для одноступеневої очистки води (БКО) виконані РЧВ об'ємом 20 тис. м³ в кількості 2 шт. Всі резервуари з'єднані між собою системою трубопроводів на вході і виході з них [18].

На 3-му підйомі, які знаходяться в чотирьох мікрорайонах міста Житомир знаходяться ще такі резервуари чистої води: РЧВ-Богунія, РЧВ-Панчішна (Північно-Західний), РЧВ-Вітрука об'ємом – 1000 м³ в кількості 2 шт. та РЧВ-Крошня (Щорсо-Соколовський) об'ємом - 2000 м³ в кількості

2 шт.

Згідно, затвердженого графіку санітарно-профілактичних заходів в РЧВ 5 тис. м³ проводиться 2 рази на рік миття, очищення і дезінфекція, а в РЧВ об'ємом 20 тис. м³ аналогічно 1 раз на рік.

Безпосередньо санітарно-профілактичні роботи складаються з механічної очистки капроновими щітками стін, опор, дна. Далі водою зі шлангів, підключених до господарсько-питного водоводу, проводять миття всього об'єму РЧВ.

Дезінфекція ємності РЧВ включає в себе заповнення РЧВ хлорною водою з заданою дозою 100 мг/дм³ і витримкою не менше 6 годин. Крім хлору, для проведення санітарно-профілактичних робіт використовується деззасіб «Necflok» та флокулянт акриламід-натрій. Після цих заходів проводиться заповнення об'єму резервуару питною водою з послідуочим проведенням бактеріологічного аналізу з якості води в РЧВ [18].

РОЗДІЛ 3. ОЦІНКА ЯКОСТІ ВОДИ ЗА МІКРОБІОЛОГІЧНИМИ ПОКАЗНИКАМИ У ПРОЦЕСІ ЇЇ ВОДОПІДГОТОВКИ НА КП «ЖИТОМИРВОДОКАНАЛ»

3.1. Технологічна схема знезараження води на КП «Житомирводоканал»

Забруднення питної води – домінуюча екологічна проблема у більшості країн світу. Одним з ключових аспектів її вирішення є запровадження систем очистки води від патогенних мікроорганізмів. Технології знезараження води у процесі її водопідготовки передбачають застосування фізичних та хімічних методів дезінфекції. Так, наприклад, у рекомендаціях щодо організації процесу очистки води, розроблених Агентством охорони навколишнього середовища, зазначається, що доцільно застосовувати методи дезінфекції з використанням ультрафіолету та хімічних речовин (хлорування та озонування). При цьому, у рекомендаціях зазначається, що кожен з названих методів має як позитивні сторони, що забезпечують достатній ступінь його ефективності, так і недоліки, що не дозволяють обрати один з них як універсальний [37].

Доведено, що фізичний метод дезінфекції води ультрафіолетом (УФ) є екологічно безпечним та достатньо ефективним методом знищення бактерій, вірусів і найпростіших [32, 34]. Застосовують також озонування, що вважається достатньо ефективним при знищенні вірусів та бактерій. Крім того, озон швидко перетворюється на кисень та не несе шкоди живим організмам і людям. Проте, цей метод не є економічним та вимагає значних витрат на енергетичні ресурси [37].

Найбільш широко поширеним методом очищення води є застосування хлору (діоксин хлору, гіпохлорит натрію, хлорамін) в якості хімічного дезінфікуючого засобу. Залишки вільного хлору, а саме гіпохлоритна кислота, гіпохлорит-іон і елементарний хлор найчастіше використовуються для знезараження води [38, 40]. Однак, даний метод є достатньо небезпечним

для живих організмів та є потенційно небезпечним для самої людини, тому необхідно досить ретельно контролювати концентрації дезінфікуючих засобів, що додають до води. Іншим дезінфікуючим з'єднанням, яке можна додавати у воду, є гіпохлорит натрію. Застосування розчинів таких речовин є ефективними для боротьби з вірусами, бактеріями та грибками у воді [33, 35].

Отже, високе мікробіологічне забруднення води вимагає ефективної дезінфекції, для цього використовують різні хімічні реагенти, зокрема ті, в основі яких є хлор. І такі технології є цілком виправданими оскільки вони здатні забезпечити очищення води від патогенних мікроорганізмів, що можуть викликати численні захворювання людей [38]. З іншого боку, дані технології впливають на органолептичні якості питної води, що викликає негативну реакцію у населення [39], тому варто зосередити увагу на вивченні альтернативних технологій знезараження води.

Для забезпечення питної води населення міста Житомира використовують водозабір з водосховища «Відсічне» на річці Тетерів, що є джерелом централізованого водопостачання. Для регулювання рівня води у ньому використовують водосховище «Дениші», яке також використовують і для накопичення запасів води для потреб міста. З метою належної очистки та підготовки питної води на водоканалі застосовують два етапи її знезараження [18]:

1. На першому підйомі вода з водосховища «Відсічне» знезаражується хлором. Попереднє очищення води починається вже на майданчику I підйому та складається з водоприймальних споруд. Проходячи через рибозахисне обладнання, водоприймальні лінії, береговий водоприймальний колодязь з сітками, машинний зал та високошвидкісні фільтри, вода хорується і поступає на очисні спорудження другого підйому.

2. На другому підйомі вода з водосховища «Відсічне» знезаражується гіпохлоритом натрію та подається у резервуари чистої води, з яких транспортується через розподільну водопровідну систему міста за допомогою третього та четвертого підйому до населення.

На КП «Житомирводоканал» діє дві системи очищення води одноступенева та двохступенева, проте в якості знезаражуючих реагентів використовують хлор, гіпохлорит, Валеус (знезаражуючий засіб 0,1%), «Necflok» [18].

За якістю води здійснюється постійним контроль на всіх стадіях водопідготовки, в тому числі очищення – водосховище «Дениші», водосховище «Відсічне» та резервуари чистої води. Для очищення використовуються реагенти, концентрація яких залежить від якості води у водосховищі «Відсічне». Проте якість цієї води змінюється від пори року, погодних умов та її температури.

Оскільки на водоканалах для знешкодження патогенних мікроорганізмів у воді використовують метод хлорування на певних стадіях водопідготовки, тому постає важливе питання дослідження ефективності її використання, особливо в умовах змін клімату та сезонного зростання ступеня мікробіологічного забруднення.

3.2. Мікробіологічна оцінка якості води на різних стадіях водопідготовки КП «Житомирводоканал»

На стан водних об'єктів впливають кліматичні умови території, які, змінюючись з кожним місяцем, зумовлюють зміни мікробіологічних показників у воді. Саме висока температура повітря сприяє росту та розвитку мікроорганізмів у воді, а якщо поряд з цим випадає незначна кількість опадів, то рівень мікробіологічного забруднення збільшується майже у 4 рази, що зумовлено стоянням води у водних об'єктах. Погіршення ж якості води за мікробіологічними показниками вимагає збільшення дози знезаражуючих реагентів під час підготовки питної води.

Проаналізовано середньомісячні температури повітря протягом 2019-2020 років на території дослідження (рис. 3.1). Визначено, що загалом середньомісячні температури 2020 р. не суттєво відрізняється за 2019 р. Проте у 2020 р. середня температура травня була нижчою на 5°C за

аналогічний місяць 2019 р., червня – нижчою на 2,5°C, вересня – вищою на 3°C. У січні 2020 р. температура становила +1,6°C, а у 2019 р. – -3,8°C.

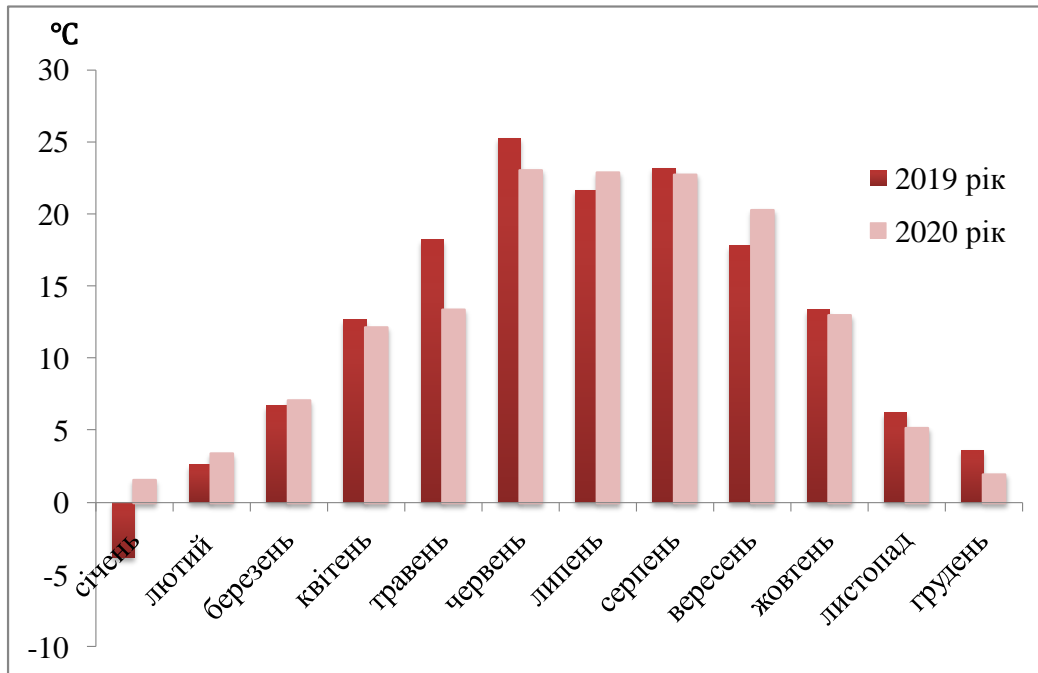


Рис.3.1. Середньомісячна температура за 2019-2020 роки

Проаналізовано кількість опадів за місяць протягом 2019-2020 років на території дослідження (рис. 3.2).

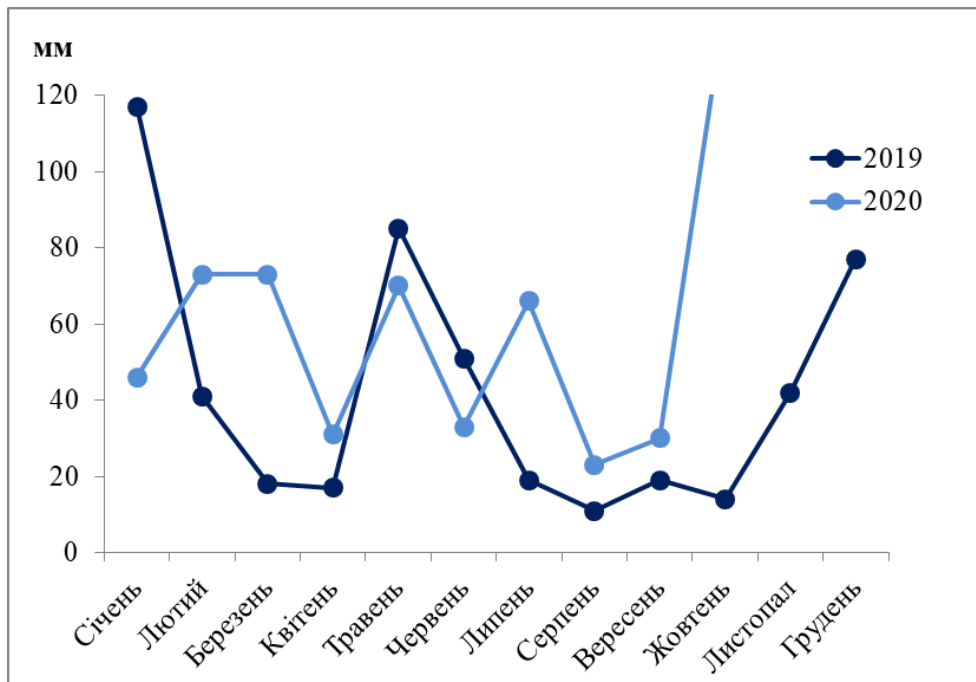


Рис.3.2. Середньомісячна кількість опадів за 2019-2020 роки

Визначено, що кількість опадів є вкрай нерівномірним протягом років дослідження. У 2019 р. найбільші піки атмосферних опадів спостерігали у січні (117 мм), травні (85 мм) та грудні (77 мм), а найменші – у березні (18 мм), квітні (17 мм), липень (19 мм), серпень (11 мм), вересень (19 мм), жовтень (14 мм). У 2020 р. найбільша кількість опадів спостерігали у жовтні (145 мм), а найменшу – у серпні (23 мм).

Здійснено аналіз води з джерел централізованого водопостачання на різних стадіях водопідготовки за мікробіологічними показниками протягом 2019-2020 років: загальне мікробне число (ЗМЧ) та загальна кількість коліфагів. Водозабір для дослідження здійснювали з водосховищ «Дениші», «Відсічне» та двох резервуарів чистої води (РЧВ-1, РЧВ-2). Результати дослідження сезонних змін якості води за значенням загального мікробного числа з водосховищ відображено на рис. 3.3-3.4.

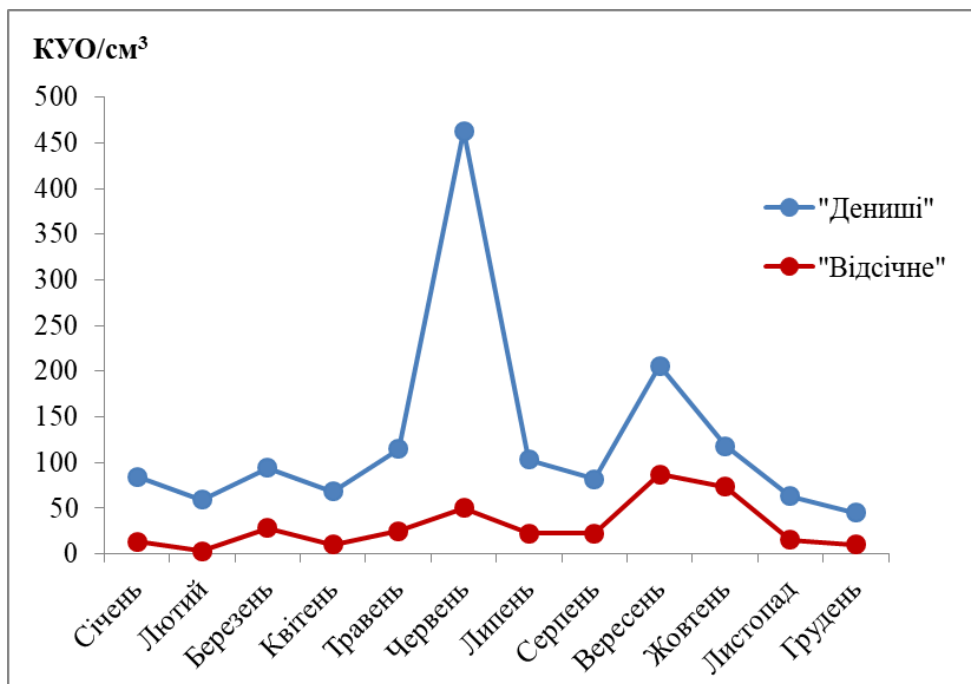


Рис. 3.3. Значення загального мікробного числа у водних джерелах централізованого водопостачання (2019 р.)

Значне зростання ЗМЧ у воді з водосховища «Дениші» спостерігали в червні (463 КУО/см³) та у вересні (206 КУО/см³) 2019 р., що пов'язано з вторинним забрудненням води та погодними умовами. У водосховищі

«Відсічне» визначено незначне підвищення у вересні 2019 р., хоча протягом всього періоду не перевищує нормативного значення.

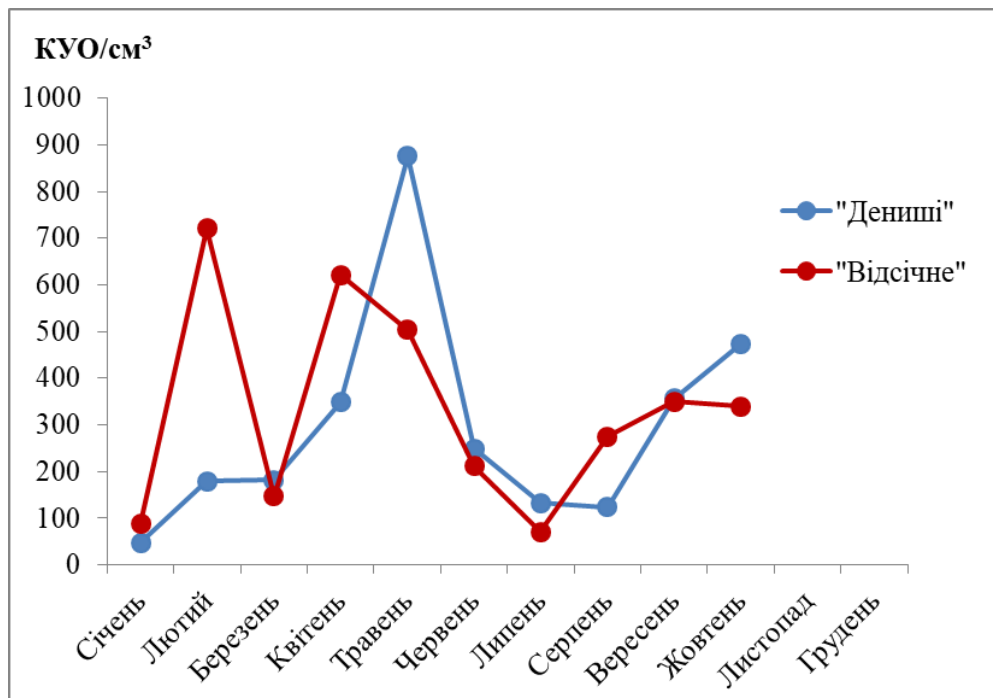


Рис. 3.4. Значення загального мікробного числа у водних джерелах централізованого водопостачання (2020 р.)

У 2020 р. значне зростання ЗМЧ у воді з водосховища «Дениші» спостерігали у травні (876 КУО/см^3) та у жовтні (474 КУО/см^3) 2019 р., що значно перевищує найбільші значення показника 2019 р. у 2 рази. У водосховищі «Відсічне» спостерігали значне перевищення значення ЗМЧ протягом 2020 р. Найгірший стан води з цього водосховища відмічали у лютому, квітні, травні, червні, серпні, вересні за показником ЗМЧ, який коливався у межах $211\text{-}721 \text{ КУО/см}^3$. Отже, при підготовці води для питних потреб з водосховища «Відсічне» необхідно її обов'язково знезаражувати та регулярно здійснювати контроль за мікробіологічними показниками.

Також досліджено сезонні зміни якості води за значенням загальних колиформ з водних джерел централізованого водопостачання. Результати проведених аналізів відображено на рис. 3.5-3.6.

На відміну від загального мікробного числа, бактерії групи кишкової палички у воді з водосховища «Дениші» значно перевищують нормативні

значення з травня (2,5 рази) по жовтень (2,9 рази) місяць 2019 р., що відповідає незадовільному екологічному стану водойми. Значний ріст мікроорганізмів спостерігається протягом літніх місяців – в межах від 13,7 до 28,1 разів перевищення нормативного значення. Насамперед, це пов'язано з підвищенням температури води та недостатньої кількості опадів в 2019 р. Найбільш критичними місяцями можна вважати червень та вересень.

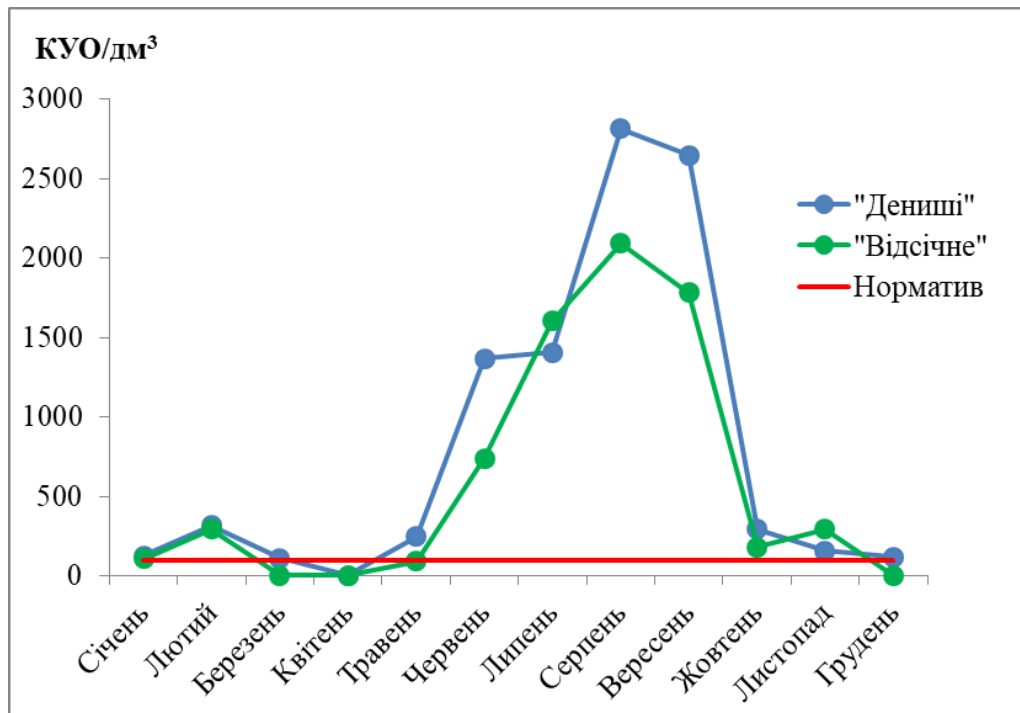


Рис. 3.5. Значення загальних коліформ у водних джерелах централізованого водопостачання (2019 р.)

Зростання температури та кількість опадів суттєво вплинули і на кількість загальних коліформ протягом 2020 р. (рис. 3.6). Якщо у 2019 р. значне зростання спостерігали протягом червня-вересня, у 2020 р. визначено два найбільші піки росту – у березні та серпень-жовтні.

Протягом 2020 р. спостерігали збільшення кількості загальних коліформ одночасно у воді з водосховищ «Дениші» та «Відсічне», при цьому значення показника майже у 2 рази перевищує його значення за 2019 р. Встановлено, що у березні 2020 р. значення показника загальні коліформи у воді з водосховища «Дениші» перевищувала у 8,1 рази нормативний показник,

червні – у 9,4 рази, липні – у 8,6 рази, серпні – в 14,8 рази, вересні – в 44 рази, жовтні – в 11 раз.

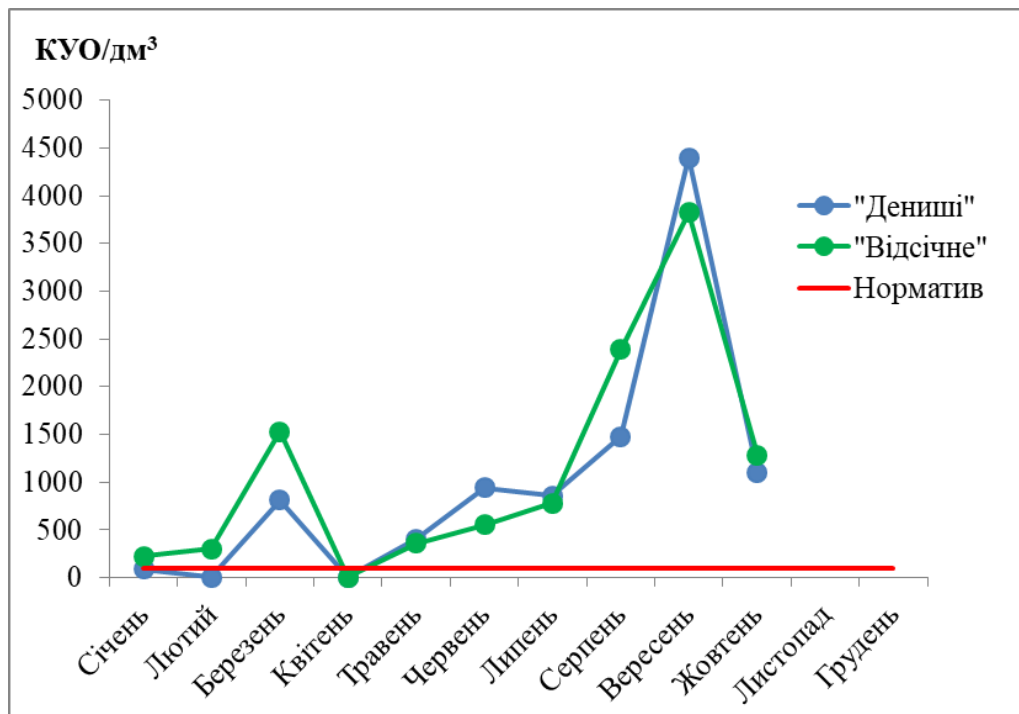


Рис. 3.6. Значення загальних коліформ у водних джерелах централізованого водопостачання (2020 р.)

У воді з водосховища «Відсічне» протягом цих же місяців також показник загальні коліформи значно перевищував нормативні значення у березні в 15,3 рази, червні – 5,5 раз, липні – 7,8 раз, серпні – 23,9 раз, вересні – 38,3 раз, жовтні – 12,8 раз.

Усереднені значення сезонних змін якості води за мікробіологічними показниками за 2019 р. наведено у табл. 3.1. Встановлено, що на відміну від води з водосховища «Дениші», у «Відсічному» значно менша кількість мікроорганізмів, а у деяких випадках навіть нижче нормативного значення, що пояснюється потраплянням до водосховища «Дениші» господарсько-побутових стічних вод. Проте, кількість загальних коліфагів у воді з водосховища «Відсічне» у літній та осінній період є достатньо високою та перевищує нормативне значення більше ніж у 7 разів.

Усереднені значення сезонних змін якості води за мікробіологічними показниками за 2020 р. наведено у табл. 3.2.

Таблиця 3.1

Моніторинг сезонних змін якості води з джерел централізованого водопостачання за мікробіологічними показниками (2019 р.)

№ з/п	Об'єкт дослідження	Пори року			
		зима	весна	літо	осінь
Загальне мікробне число					
1	Водосховище «Дениші»	72	92	216	129
2	Водосховище «Відсічне»	8	21	31	58
3	РЧВ-1/РЧВ-2	5/5	3/3	4/3	5/3
Загальні коліфаги					
4	Водосховище «Дениші»	221	150	1861	1032
5	Водосховище «Відсічне»	201	90	1477	751
6	РЧВ-1/РЧВ-2	0/0	0/0	0/0	0/0

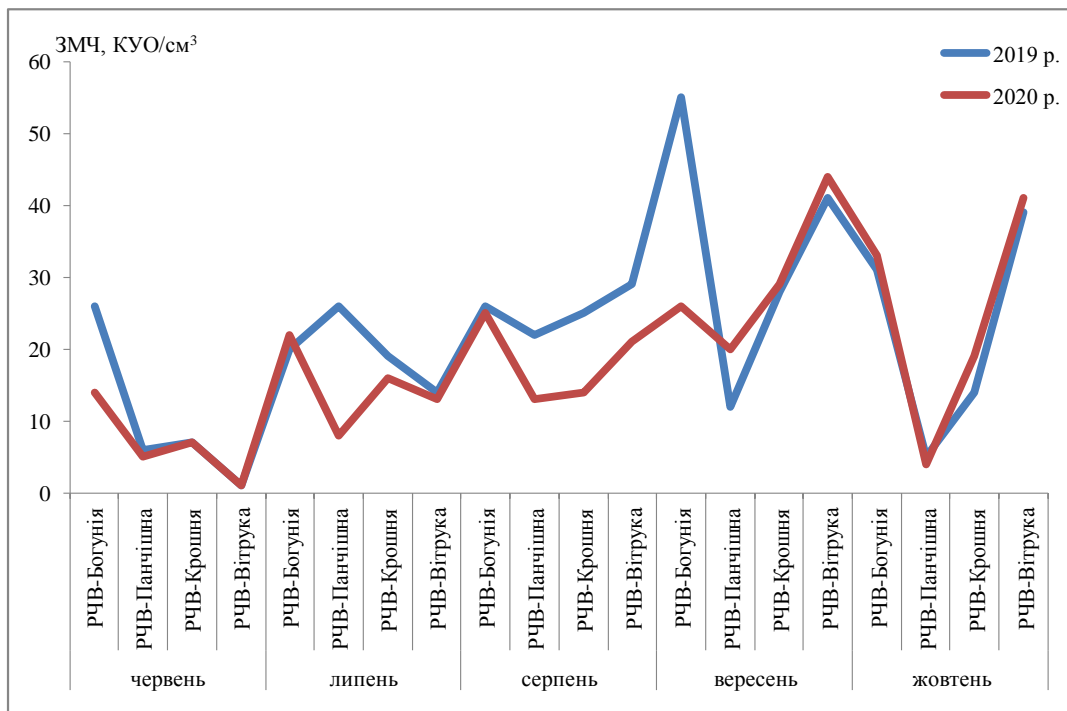
Таблиця 3.2

Моніторинг сезонних змін якості води з джерел централізованого водопостачання за мікробіологічними показниками (2020 р.)

№ з/п	Об'єкт дослідження	Пори року			
		зима	весна	літо	осінь
Загальне мікробне число					
1	Водосховище «Дениші»	113	469	168	415
2	Водосховище «Відсічне»	404,5	423	186	344
3	РЧВ-1/РЧВ-2	2,5/6,5	3/5	7/6	5,5/4,5
Загальні коліфаги					
4	Водосховище «Дениші»	90	435	1090	2751
5	Водосховище «Відсічне»	262,5	660	1238	2554
6	РЧВ-1/РЧВ-2	0/0	0/0	0/0	0/0

Протягом 2020 року кількість мікроорганізмів майже не змінювалася у водосховищах, а у деяких випадках у воді водосховища «Відсічне» навіть зростала, перевищуючи норматив більше 12 раз. Навіть взимку спостерігали перевищення нормативу у 2 рази.

Також проводили мікробіологічну оцінку якості питної води у резервуарах 3-го підйому: РЧВ-Богунія, РЧВ-Панчішна, РЧВ-Крошня, РЧВ-Вітрука. Значення показника ЗМЧ не перевищує нормативного значення протягом всього періоду дослідження у всіх резервуарах, проте спостерігаємо значне коливання. Найбільше значення 50 КУО/см³ спостерігали в РЧВ-Богунія в 2019 р. (рис. 3.7).



**Рис. 3.7. Динаміка росту ЗМЧ в резервуарах 3-го підйому
КП «Житомирводоканал»**

Також встановлено зв'язок між наявністю сумарного залишкового хлору в резервуарах та значенням мікробіологічних показників (табл. 3.3). Зокрема, найбільш критичними місяцями є серпень, вересень та жовтень, за рахунок високої температури повітря. Якщо аналізувати резервуари 3-го підйому, то незначний ріст загального мікробного числа спостерігається частіше всього в районах Богунія (РЧВ-Богунія) та Крошня (РЧВ-Крошня).

Насамперед це пов'язано з віддаленістю, протяжністю трубопроводів до цих насосних станцій.

Таблиця 3.3

**Мікробіологічна оцінка якості питної води РЗЧ 3-го підйому за
2019-2020 рік**

№ з/п	Місяць	Місце відбору проб	ЗМЧ, КУО/см ³		Заг. коліформи, КУО/100 дм ³		Сум залишковий хлор мг/дм ³	
			2019	2020	2019	2020	2019	2020
1	січень	РЧВ-Богунія	1	0	відс.	відс.	0,40	0,42
		РЧВ-Панчішна	0	0	відс.	відс.	0,46	0,46
		РЧВ-Крошня	1	0	відс.	відс.	0,51	0,41
		РЧВ-Вітрука	0	0	відс.	відс.	0,51	0,41
2	лютий	РЧВ-Богунія	3	23	відс.	відс.	0,31	0,31
		РЧВ-Панчішна	2	2	відс.	відс.	0,50	0,40
		РЧВ-Крошня	18	26	відс.	відс.	0,35	0,37
		РЧВ-Вітрука	0	0	відс.	відс.	0,35	0,33
3	березень	РЧВ-Богунія	1	1	відс.	відс.	0,50	0,47
		РЧВ-Панчішна	2	2	відс.	відс.	0,57	0,63
		РЧВ-Крошня	1	7	відс.	відс.	0,88	0,62
		РЧВ-Вітрука	7	1	відс.	відс.	0,50	0,44
4	квітень	РЧВ-Богунія	18	18	відс.	відс.	0,35	0,46
		РЧВ-Панчішна	0	0	відс.	відс.	0,53	0,50
		РЧВ-Крошня	0	0	відс.	відс.	0,53	0,41
		РЧВ-Вітрука	0	0	відс.	відс.	0,70	0,53
5	травень	РЧВ-Богунія	30	30	відс.	відс.	0,21	0,33
		РЧВ-Панчішна	3	3	відс.	відс.	0,42	0,35
		РЧВ-Крошня	11	11	відс.	відс.	0,37	0,37
		РЧВ-Вітрука	7	7	відс.	відс.	0,53	0,33
6	червень	РЧВ-Богунія	26	14	відс.	відс.	0,21	0,22
		РЧВ-Панчішна	6	5	відс.	відс.	0,40	0,39
		РЧВ-Крошня	7	7	відс.	відс.	0,50	0,41
		РЧВ-Вітрука	1	1	відс.	відс.	0,46	0,46
7	липень	РЧВ-Богунія	20	22	відс.	відс.	0,14	0,21
		РЧВ-Панчішна	26	8	відс.	відс.	0,14	0,27
		РЧВ-Крошня	19	16	відс.	відс.	0,21	0,25
		РЧВ-Вітрука	14	13	відс.	відс.	0,28	0,31
8	серпень	РЧВ-Богунія	26	25	відс.	відс.	0,14	0,26
		РЧВ-Панчішна	22	13	відс.	відс.	0,21	0,42
		РЧВ-Крошня	25	14	відс.	відс.	0,14	0,33
		РЧВ-Вітрука	29	21	відс.	відс.	0,23	0,28
9	вересень	РЧВ-Богунія	55	26	8	відс.	0,23	0,26
		РЧВ-Панчішна	12	20	відс.	відс.	0,38	0,36
		РЧВ-Крошня	28	29	6	відс.	0,29	0,22
		РЧВ-Вітрука	41	44	відс.	відс.	0,28	0,32
10	жовтень	РЧВ-Богунія	31	33	відс.	відс.	0,21	0,27
		РЧВ-Панчішна	5	4	відс.	відс.	0,35	0,35
		РЧВ-Крошня	14	19	відс.	відс.	0,28	0,32
		РЧВ-Вітрука	39	41	відс.	відс.	0,21	0,35

У 2019 році спостерігався ріст загальних коліформ в РЧВ-Богунія та РЧВ-Крошня, в результаті чого проводилося додаткове обеззаражування води питної в даних резервуарах гіпохлоритом натрію, з подальшим контролем бактеріальних показників. Сумарний залишковий хлор протягом всього періоду дослідження не перевищував нормативних показників (0,8-1,2 мг/дм³), проте нами виявлено деяку закономірність: при значенні ЗМЧ до 10 КУО/см³ концентрація сумарного залишкового хору становить коливається в межах 0,4-0,9 мг/дм³, тоді як при значенні ЗМЧ більше 10 КУО/см³ концентрація сумарного залишкового хору становить більше 0,14-0,35 мг/дм³.

Вода у водосховищах «Денеші» і «Відсічне» за мікробіологічними показниками характеризується, як не задовільна. Пояснити це можна тим, що якість води у водосховищі погіршилася внаслідок збільшенням концентрації мікроорганізмів, в результаті значного зменшення корисного об'єму, що спричинене процесами замулення та обміління. Це в свою чергу призводить до зменшення об'єму чистої води і до збільшення кількості мікроорганізмів. Погодні умови є вагомим чинником, що регулюють ці процеси.

Дезінфекцію води з водосховища «Відсічне» проводять з використанням хлору, а потім гіпохлориту натрію, що є досить ефективним, оскільки у двох резервуарах чистої води відсутні бактерії групи кишкової палички протягом всього періоду дослідження. Результати досліджень доводять необхідність знезараження води у два етапи. Отже, якщо питна вода позбавлена від мікробіологічного забруднення у повному обсязі, то при її водо підготовці використовували більшу концентрацію знезаражуючих реагентів.

3.3. Оцінка якості питної води за епідеміологічним показником

Здійснено комплексну оцінку ступеня забрудненості води за мікробіологічними показниками протягом всього періоду дослідження, що відноситься до епідеміологічного критерію (табл. 3.4-3.5).

У зимовий та весняний період 2019 р. вода з водосховища «Дениші» має помірний ступінь забруднення і становить 1,5 од. та 1,2 од., відповідно. У літній період цей показник значно зростає до 10,4 од., тому вода має високий ступінь забруднення, що унеможлиблює її використання для питного водопостачання. Саме влітку особливо гостро стоїть питання щодо знезараження води на стадіях водопідготовки, оскільки спостерігається інтенсивний ріст мікроорганізмів, у тому числі і патогенних. Помірний ступінь забруднення вода має і в осінній період (5,8 од.), проте він майже у 5 разів перевищує показник навесні.

Таблиця 3.4

Ступінь забруднення води з джерел централізованого водопостачання за епідеміологічним критерієм (2019 р.)

№ з/п	Об'єкт дослідження	Пори року			
		зима	весна	літо	осінь
1	Водосховище «Дениші»	1,5	1,2	10,4	5,8
2	Водосховище «Відсічне»	1,1	<1	7,5	4,1
3	РЧВ-1	<1	<1	<1	<1
4	РЧВ-2	<1	<1	<1	<1

Вода з водосховища «Відсічне» протягом 2019 р. має помірний ступінь забруднення та коливається в межах від 1,1 од. до 7,5 од., що становить небезпеку для населення та потребує спеціальних заходів очищення води. Виключенням є весняний період, оскільки вода має допустимий рівень забруднення.

У 2020 р. вода з водосховищ «Відсічне» та «Дениші» у зимово-літній період має помірний ступінь забруднення за мікробіологічними показниками, проте, у порівнянні з 2019 р., значення епідеміологічного показника значно вище. Встановлено, що восени вода з обох водосховищ має високий ступінь забруднення, що унеможлиблює її використання і потребує додаткових заходів щодо її знезараження.

Таблиця 3.5

Ступінь забруднення води з джерел централізованого водопостачання за епідеміологічним критерієм (2020 р.)

№ з/п	Об'єкт дослідження	Пори року			
		зима	весна	літо	осінь
1	Водосховище «Дениші»	1,1	4,5	6,3	15,8
2	Водосховище «Відсічне»	3,5	5,8	7,1	14,7
3	РЧВ-1	<1	<1	<1	<1
4	РЧВ-2	<1	<1	<1	<1

Встановлено, що вода з резервуарів чистої води протягом всього періоду дослідження має допустимий ступінь забруднення, а, отже, є придатною для питного водокористування місцевим населенням. Таким чином, технологія знезараження води, яка використовується на водоканалі є ефективною.

Використовуючи методи системного аналізу, здійснено комплексний аналіз технології знезараження води на різних стадіях водопідготовки. SWOT-аналіз технології знезараження води включає:

- **сильні сторони** – технологія знезараження води, що застосовується на КП «Житомирводоканал» є ефективною. Враховуючи наявне обладнання, стан відкритих водних джерел та обсяги води, що підлягають очищенню, двоступенева система забезпечує найкращий результат за оптимальних затрат. Відповідно, ця технологія може бути цікавою і для інших населених пунктах, при відсутності значних коштів на модернізацію обладнання та в умовах змін клімату, що супроводжується щорічним підвищенням температури та зростанням кількості мікроорганізмів у водних джерелах;

- **слабкі сторони** – у якості реагенту, що забезпечує дезінфекцію води від патогенних мікроорганізмів застосовуються хімічні реагенти на основі хлору. Однак, такі речовини впливають на органолептичні показники якості води та є потенційно небезпечними для живих організмів і людей. Крім того,

стан водопровідної мережі в місті є незадовільним. Це створює ймовірність вторинного мікробіологічного забруднення води;

- **можливості** – у якості додаткового ступеня очистки води на КП «Житомирводоканал» розглядається до запровадження технологія дезінфекції води ультрафіолетом (УФ). Технологія вважається ефективною для дезінфекції та екологічно безпечною. Проте, така технологія є складною з точки зору її імплементації та недостатньо економічною;

- **загрози** – кліматичні зміни впливають на зростання середньодобової температури, на зменшення кількості опадів, що може призвести до зростання ступеня мікробного забруднення. У цьому випадку необхідно буде використовувати для знезараження високі дози хімічних реагентів на основі хлору, що також вплине на якість питної води. Застосування інших методів дезінфекції потребуватиме додаткових фінансових затрат на їх реалізацію.

Безпечність питної води в епідеміологічному аспекті є вкрай важливою. Отримані результати підтверджують, що особливо на етапах підготовки води потрібно здійснювати контроль за її показниками, щоб її якість відповідала нормативним показникам і була безпечною для споживання.

ВИСНОВКИ

1. Охарактеризовано основні чинники забруднення водосховища «Відсічне» як основного водозабірної об'єкту, що забезпечує потреби населення та господарської діяльності м. Житомира.

2. Проаналізовано існуючу технологію знезараження води з джерел централізованого водопостачання, яка здійснюється у два етапи з використанням розчинного хлору та гіпохлориту натрію. Доведено її ефективність у знешкодженні високої кількості бактерії групи кишкової палички.

3. Досліджено, що концентрація мікроорганізмів у водних джерелах централізованого водопостачання істотно залежить від погодних умов. Найбільше мікробне забруднення спостерігається з травня по жовтень місяць у водосховищах, зокрема у літні місяці спостерігається перевищення нормативного значення коліформ більше ніж у 20 разів.

4. Встановлено, що якість питної води з РЧВ-1 та РЧВ-2 відповідає санітарно-гігієнічним вимогам та є безпечною для споживання людиною.

5. Виявлено закономірність між значенням загального мікробного числа і залишковими кількостями сумарного хлору у РЧВ 3-го підйому, а саме при значенні ЗМЧ до 10 КУО/см³ концентрація сумарного залишкового хлору становить коливається в межах 0,4-0,9 мг/дм³, тоді як при значенні ЗМЧ більше 10 КУО/см³ концентрація сумарного залишкового хлору становить більше 0,14-0,35 мг/дм³.

6. Встановлено, що вода у водосховищах «Дениші» та «Відсічне» за епідеміологічним критерієм має помірний рівень забруднення та коливається в межах від 1,1 од. до 7,5 од., тоді як восени 2020 р. має високий рівень забруднення, а у резервуарах чистої води має допустимий рівень забруднення протягом всього періоду дослідження.

7. Здійснено SWOT-аналіз технології знезараження води, який виявив, що найбільшою загрозою для якості води за мікробіологічними показниками є нетипові погодні умови як наслідок змін клімату.

ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

1. Для своєчасного виявлення мікробіологічного, хімічного та токсикологічного забруднення річки Тетерів, водосховищ «Дениші» і «Відсічне», необхідно забезпечити автоматизацію системи моніторингу екологічного стану цих водних об'єктів.

2. Для забезпечення потреб населення, господарської діяльності якісною водою та збереження водних ресурсів, потребує вдосконалення економічний механізм водокористування, нормативно-правова база і організаційна структура управління КП «Житомирводоканал», а також реалізація водоохоронних заходів.

3. З метою уникнення вторинного мікробного зараження питної води у резервуарах чистої води 3-го підйому, необхідно провести заміну аварійної водогінної системи водопостачання на сучасну і більш надійну.

4. На даний момент хлорування залишається ефективним методом знезараження води, хоча залишок хлору в питній воді погіршує її якість, тому необхідно впроваджувати сучасні технології для дезінфекції, наприклад використання ультрафіолету (УФ).

5. Для ефективного знищення мікроорганізмів у питній воді, споживачам варто встановлювати сучасні фільтри для очистки води з ультрафіолетовими лампами.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Бакка М.Т., Дорощенко В.В. Технологія: навч. посібник. Житомир: ЖДТУ, 2007. 219 с.
2. Башинська, І. Л. Екологічна оцінка ефективності очищення питної води на водопровідних спорудах КП «Житомирводоканал». *Наукові горизонти: науковий журнал*. 2018. № 7/8. С. 50-58.
3. Білявський Г.О., Фурдуй Р.С., Костініков І.Ю. Основи екології: підручник. К. : Либідь, 2006. 408 с.
4. Бордюг Н.С., Патица В.П. Оцінка стану якості питної води децентралізованого водопостачання за епідеміологічним показником. *Наукові доповіді НУБіП*. 2010. 1(17). Режим доступу: <http://www.nbuiv.gov.ua/e-journals/Nd/2010-1/10bnsqei.pdf> .
5. Бордюг Н.С., Ращенко А.В., Алпатова О.М. Моніторинг довкілля: навчально-методичний посібник. Київ, 2019. 168 с.
6. Бордюг Н. С. Аналіз санітарного стану якості питної води децентралізованого водопостачання. *Технологический аудит и резервы производства*. 2013. №5/4 (13). С. 49-51.
7. Голян В. А. Формування інституціонального механізму екологозбалансованого водокористування. *Актуальні проблеми економіки*. 2008. № 9(87). С. 145-154.
8. Державна Установа «Житомирський обласний лабораторний центр» -(дата звернення 26.06.2020) : URL: <https://olc-zhitomir.org/>.
9. Державні санітарні норми та правила «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» (ДСанПіН 2.2.4–171–10) Наказ Міністерства охорони здоров'я України № 400 від 12.05.2010 р. URL <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/z0452-1>(дата звернення 26.10.2020)
10. Джигирей В.С. Екологія та охорона навколишнього природного середовища навч. посібник. К. : Знання 2007. 422 с.

11. Екологічний паспорт Житомирської області за 2014 р. URL: <http://www.menr.gov.ua/protection/protection1/zhytomyrska> (дата звернення 28.06.2020)
12. Заверуха Н. М., Серебряков В.В., Скиба Ю.А. Основи екології: навч. посібник. К. : Каравела, 2008. 304с.
13. Запольський А.К., Салюк А.І. Основи екології. К. : Вища школа, 2010. 399 с.
14. Клименко М.О., Скрипчук П.М. Метрологія, стандартизація і сертифікація в екології: підручник. К.: Видавничий центр «Академія», 2006. 368 с.
15. Климнюк С.І., Ситник І.О., Творко М.С., Ширококов В.П. Практична мікробіологія: посібник. Тернопіль: Укрмедкнига, 2004. 440 с.
16. Мацнев А.І., Проценко С. Б., Саблій Л. А. Моніторинг та інженерні методи охорони довкілля: навч. посібник. Рівне: ВАТ «Рівненська друкарня», 2000. 504 с.
17. Надтогій П.П., Мислива Т.М. Екологічна безпека: навч. посібник Житомир: Вид-во “Держ агротехнологічний ун-т”, 2008. 284 с.
18. Офіційний стан комунального підприємства «Житомирводоканал». URL <https://vodokanal.zt.ua/>. (дата звернення 26.06.2020)
19. Про питну воду та питне водопостачання : Закон України №2918-III від 15.08.2011 р. URL : <http://zakon1.rada.gov.ua/laws/show/2918-14>. (дата звернення 12.10.2020)
20. Прогноз погоди по Україні. URL: <https://www.gismeteo.ua/>
21. Прокопов В.О., Кузьмінець О.М., Соболев В.А. Гігієнічна оцінка централізованого господарсько-питного водопостачання України. *Довкілля та здоров'я*. 2008. №4 (47). С. 14-18.
22. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Житомирській області (2015 р.). URL <http://ecology.zt.gov.ua/> (дата звернення 16.06.2020)

23. Славов В.П., Гойгун А.Ф., Войцицький А.П. Екологія з основами екобезпеки: навч. посіб. [для студ. вищих навч. закл]. Житомир, Вид-во ЖДУ ім. І.Франка, 2008. 262 с.
24. Тимочко Т.В., Швець О.В. Бібліотека Всеукраїнської екологічної ліги. Сер. “Стан навколишнього середовища.” К.,2008. № 5. 32 с.
25. Троянський О.І. Моніторинг якості води: монографія. Житомир: Волинь, 2004. 191 с.
26. Троянський О.І., Шелудченко Б.А., Бахмат О.М. Моніторинг якості питної води: навч. посібник. Кам’янець-Подільський, 2006. 124 с.
27. Управління екології та природних ресурсів Житомирської обласної державної адміністрації URL: <http://ecology.zt.gov.ua/> (дата звернення 26.06.2020)
28. Федючка М.І., Войцицький А.П., Малярчук П.М. Екологія: навч. посібник. Житомир, 2007. 173 с.
29. Фещенко В. П. Методологія наукових досліджень : навч. посібник. Житомир : вид-во «Друк», 2006. 224 с.
30. Яцик А.В., Шевчук В.Я. Енциклопедія водного господарства, природокористування, природовідтворення сталого розвитку. К.: Генеза, 2006. 1000 с.
31. Bordiug N., Rashchenko A., Feshchenko O., Sargan P. Microbiological assessment of drinking water quality at different stages of water treatment. *Technology Audit and Production Reserves*. 2020. Vol. 2 (3(52)). P. 4–8. DOI: <https://doi.org/10.15587/2312-8372.2020.200023/>.
32. Clancy J.L., Bukhari Z., Hargy T.M., Bolton J.R., Dussert B.W., Marilyn M. Using UV to inactivate cryptosporidium. *J. Am. Water Works Assoc.* 2000, 92, 97.
33. Gerba C.P., Kennedy D. Enteric virus survival during household laundering and impact of disinfection with sodium hypochlorite. *Appl. Environ. Microbiol.* 2007, 73, 4425–4428.

34. Kruithof J.C., Van der Leer R.C., Hijnen W.A. M. Practical experiences with UV disinfection in The Netherlands. *J. Water SRT-Aqua*. 1992, 41, 88–94.
35. Peeters E., Nelis H.J., Coenve T. Evaluation of the efficacy of disinfection procedures against *Burkholderia cenocepacia* biofilms. *J. Hosp. Infect.* 2008, 70, 361–368.
36. Price R.G., Wildeboer D. E. Coli as an Indicator of Contamination and Health Risk in Environmental Waters. July 12th 2017. DOI: 10.5772/67330.
37. Primer for Municipal Wastewater Treatment Systems. <https://www3.epa.gov/npdes/pubs/primer.pdf>
38. Ratnayaka D.D., Brandt M.J., Johnson K.M. Chemistry, Microbiology and Biology of Water. *Water Supply* .2009, 6, 195–266.
39. Rosario-Ortiz F., Rose J., Speight V., von Gunten U., Schnoor J. How do you like your tap water? *Science* 26 Feb 2016. Vol. 351, Issue 6276. P. 912-914. DOI: 10.1126/science.aaf0953.
40. Shrivastava R., Upreti R.K., Jain S.R., Prasad K.N., Seth P.K., Chaturvedi U.C. Suboptimal chlorine treatment of drinking water leads to selection of multidrug-resistant *Pseudomonas aeruginosa*. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 2004, 58, 277–283.