

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет водогосподарської інженерії та екології

Кафедра цивільної інженерії, технологій будівництва і захисту довкілля

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри цивільної інженерії,

технологій будівництва і захисту довкілля

професор _____ Вікторія ВОЛКОВА

«___» _____ 2025 р.

Пояснювальна записка

до дипломної роботи

освітній ступінь «Бакалавр»

на тему: «Технології водопідготовки питної води та очистки господарсько-побутових стічних вод м.Підгородне Самарівського району Дніпропетровської області»

Виконав: здобувачка вищої освіти групи ТЗНС-1-21
спеціальності - 183 «Технології захисту навколишнього
середовища»

освітньої програми - «Технології захисту навколишнього
середовища»

Анастасії БАРАННИК
(прізвище та ініціали)

(підпис)

Керівник Тетяна МАКАРОВА
(прізвище та ініціали)



(підпис)

Рецензент _____
(прізвище та ініціали)

(підпис)

Дніпровський державний аграрно-економічний університет
Факультет господарської інженерії та екології
Кафедра цивільної інженерії, технологій будівництва і захисту довкілля
Освітній ступінь «Бакалавр»
Спеціальність - «Технології захисту навколишнього середовища»
Освітня програма 183 «Технології захисту навколишнього середовища»

ЗАТВЕРДЖУЮ:
Зав. кафедрою цивільної інженерії,
технологій будівництва і захисту довкілля
Вікторія ВОЛКОВА
«___» _____ 2025 р.

ЗАВДАННЯ на дипломну роботу

Бараннік Анастасія Євгенівна

на тему: «Технології водопідготовки питної води та очистки господарсько-
побутових стічних вод м.Підгороднє Самарівського району Дніпропетровської
області»

керівник роботи: Макарова Тетяна Костянтинівна, к.с-г.н, доц.
(прізвище ім'я по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджена наказом по університету від «__» _____ 2025 р. №

1. Термін здачі студентом закінченого роботи «14» червня 2025 р.
2. Вихідні дані до роботи: 1. Результати відбору проб води з різних джерел території Самарівського району Дніпропетровської області.
3. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань що потрібно робити). Перелік графічного матеріалу (з точним значенням обов'язкових креслень): вступ. 1. Актуальність та аналіз літературних джерел з обраної тематики роботи. 2. Природні умови та характеристика району дослідження. 3. Характеристика проб води з різних джерел території об'єкту дослідження. 4. Впровадження заходів водопідготовки питної води. 5. Визначення необхідного ступеню очистки міських стічних вод. 6. Розрахунок та вибір обладнання міської станції очистки стічних вод. Висновок.

4. Консультанти розділів роботи

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв

5. Дата видачі завдання «17» березня 2025

Керівник роботи


 (підпис)

Завдання прийняв до виконання

(підпис)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ <u>пп</u>	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів дипломної роботи	Примітка
1.	Актуальність та аналіз літературних джерел з обраної тематики роботи	28/03/2025	
2.	Природні умови та характеристика району дослідження	11/04/2025	
3.	Характеристика проб води з різних джерел території об'єкту дослідження.	18/04/2025	
4.	Впровадження заходів водопідготовки питної води	25/04/2025	
5.	Визначення необхідного ступеню очистки міських стічних вод	12/05/2025	
6.	Розрахунок та вибір обладнання міської станції очистки стічних вод	23/05/2025	
7	Висновки	14/06/2025	

Здобувач вищої освіти _____ (Анастасія БАРАНІК)

(підпис)

Керівник роботи



(Тетяна МАКАРОВА)

(підпис)

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ.....	6
ВСТУП.....	7
1 ОЦІНКА АКТУАЛЬНОСТІ ТА ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ З ОБРАНОЇ ТЕМИ РОБОТИ.....	9
1.1 Важливість питної води та очищення стічних вод для здоров'я населення та навколишнього середовища.....	9
1.2 Основи водопідготовки у системах водопостачання.....	15
1.3 Основні методи очистки стічних вод.....	19
2 ПРИРОДНІ УМОВИ ТА ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНУ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	25
2.1 Кліматична характеристика та природні умови міста Підгородне	25
2.2. Екологічний стан водних ресурсів району дослідження.....	30
2.2.1 Річка Кільчень.....	30
2.2.1 Річка Самара.....	35
2.3 Основні джерела питної води в м. Підгородне.....	38
3 ПОКАЗНИКИ СТАНУ ПИТНОЇ ВОДИ З ТОЧОК ВІДБОРУ НА ТЕРИТОРІЇ ОБ'ЄКТУ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	41
3.1 Основні забруднювачі питної води	41
3.2 Порівняння результатів аналізів якості води з різних джерел.....	46
4 ВПРОВАДЖЕННЯ ЗАХОДІВ ВОДОПІДГОТОВКИ ПИТНОЇ ВОДИ.....	54
4.1 Принципи водопідготовки та очищення питної води.....	54
4.2 Вибір методів очищення для умов міста Підгородне.....	57
4.3 Техніко-економічне обґрунтування впровадження фільтраційного обладнання Ecosoft.....	59
5 ВИЗНАЧЕННЯ НЕОБХІДНОГО СТУПЕНЮ ОЧИСТКИ МІСЬКИХ СТІЧНИХ ВОД.....	64
6 ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ТА ВИБІР ОБЛАДНАННЯ МІСЬКОЇ ОЧИСНОЇ СТАНЦІЇ СТІЧНИХ ВОД	74

6.1 Розрахунок основних типів обладнання.....	75
ВИСНОВКИ.....	97
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	101
ДОДАТКИ.....	109
ДОДАТОК А.....	110
ДОДАТОК Б.....	112
ДОДАТОК В.....	118
ДОДАТОК Г.....	120
ДОДАТОК Д.....	121
ДОДАТОК Ж.....	122
ДОДАТОК К.....	123
ДОДАТОК Л.....	125
ДОДАТОК М.....	126
ДОДАТОК Н.....	127

РЕФЕРАТ

Дипломна робота містить в собі вступ, 6 розділів, висновки та перелік посилань. Обсяг роботи складає 127 сторінок надрукованого тексту, включно з 22 рисунками, 21 таблицею та 10 додатками. Перелік посилань літератури складається з 71 посилання.

Мета роботи - дослідження якості водних ресурсів у межах міста Підгородне, сучасних технологій водопідготовки та очистки стічних вод.

Об'єкт дослідження - водоподача та водовідведення м. Підгородне. Предметом дослідження є процеси водопідготовки та очищення стічних вод.

Для досягнення встановленої мети здійснено такі завдання:

1. Аналіз актуальності теми роботи;
2. Дослідження природних умов, особливостей району та гідрологічних характеристик річок Кільчень та Самара;
3. Оцінка якості води з різних джерел;
4. Запропонування практичних заходів водопідготовки;
5. Встановлення схеми очищення стічних вод.

Методи дослідження: аналітичний, лабораторний, порівняльний, розрахунковий, картографічний.

Ключові слова: питна вода, водопідготовка, р. Самара, якість води, стічні води, очищення води, очисні споруди, екософт.

ВСТУП

Один з найважливіших ресурсів природи, який є основою для забезпечення життєдіяльності усього живого на планеті Земля - вода. Питання водопідготовки та очищення стічних вод потребує особливої значущості та уваги, оскільки вже наявна екологічна ситуація викликає занепокоєння.

Через споживання неочищеної або недоочищеної води, в складі якої є забруднюючі речовини, здоров'я людей та тваринного світу погіршується. Вживання забрудненої води викликає погані наслідки: можливе виникнення різних захворювань, різних кишкових інфекцій, холери, гепатиту А та Е, черевного тифу, амебіазу, гастроентериту, лямбліозу, лептоспірозу, нітратного отруєння та навіть мінеральної інтоксикації. Проблемним питанням також залишається і збільшення обсягу стічних вод, які необхідно ефективно очищати перед тим як скидати у водні об'єкти. За Національними доповідями щодо питної води та умов водопостачання в Україні, кожен рік фіксується високий рівень забруднення поверхневих вод, особливо річок, які є джерелами централізованого водопостачання. Більша частина цих забруднень пов'язана насамперед зі скидом недостатньо очищених стічних господарсько-побутових вод. Основними проблемами є наступні: старі очисні споруди, встановлені ще за радянських часів; відсутність централізованих систем очищення стічних вод у деяких населених пунктах, що особливо властиво для сільських територій або поселень міського типу. Внаслідок неконтрольованого скиду стічних вод фіксується перевищення гранично допустимих концентрацій нітратів, амонійного азоту, фосфатів, хлору, біохімічного споживання кисню; води забруднені продуктами нафтохімії, важкими металами та спостерігається мікробіологічне забруднення. Вода багатьох водопровідних станцій потребує значно більшого доочищення, бо іноді її склад не відповідає нормативним показникам навіть після обробки. Ефективне очищення стічних вод дозволить запобігти забрудненню джерел питного водопостачання, зберегти екологічну

рівновагу у водоймах, зменшити витрати на підготовку, захистити здоров'я населення від інфекційних та токсичних захворювань. Модернізація та розвиток систем очистки стоків це пріоритетне питання державного рівня.

Різні види промислової діяльності (хімічна, металообробна, харчова, текстильна та інші) споживають значні об'єми води, через що виникає потреба в якісній підготовці води для неодноразового використання та зниження навантаження на навколишнє середовище. На відміну від промислових стоків, господарсько-побутові води, через свою масовість та постійний характер утворення, справляють більш значний вплив на довкілля. При недостатньому або застарілому очищенні такі стоки є причиною евтрифікації, зменшення рівня кисню, призводять до загибелі риби і погіршення загальної якості водойм. Проблемним питанням є особлива складність повноцінного контролю за різними можливими забруднювачами, які надходять у водойми разом з господарсько-побутовими стічними водами. Також вони надходять у систему з безлічі джерел, що ускладнює точний облік і оперативне реагування на зміну якості цих стоків. Крім того, значна частина приватних секторів досі використовує вигрібні ями або індивідуальні системи водовідведення, що не підлягають централізованому моніторингу та часто призводять до несанкціонованого скиду забруднених вод в навколишнє середовище.

Метою роботи є дослідження якості водних ресурсів у межах міста Підгородне, сучасних технологій водопідготовки та очистки стічних вод

Завдання роботи полягають у аналізі актуальності теми роботи; дослідженні природних умов, особливостей району та гідрологічних характеристик річок Кільчень та Самара; оцінці якості води з різних джерел; запропонуванні практичних заходів водопідготовки; визначенні необхідного ступеню та розробка схеми очищення стічних вод.

Об'єктом дослідження є водоподача та водовідведення м. Підгородне. Предметом дослідження є процеси водопідготовки та очистки стічних вод.

1 ОЦІНКА АКТУАЛЬНОСТІ ТА ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ З ОБРАНОЇ ТЕМИ РОБОТИ

1.1 Важливість питної води та очищення стічних вод для здоров'я населення та навколишнього середовища

Достатнє очищення стоків, які забруднюються внаслідок різних напрямків діяльності людства, є однією з основних задач необхідних для покращення забезпечення населення чистою питною водою. Забезпечення населення чистою питною водою є глобальною проблемою, яка актуальна для багатьох країн світу, зокрема у контексті досягнення цілей сталого розвитку ООН. За рейтингом забезпечення країн чистою питною водою, за даними ООН - Україна посідає 95 місце. За результатами відбору проб водопроводної води по Україні у 2023 році зареєстровано 1329 проб з критичним перевищенням гранично-допустимих показників: 491 проба - вмісту заліза, 92 проби – за кольоровістю, 53 проби – за вмістом марганцю та 693 за мутністю (рис.1.1) [1].

Україна вже протягом багатьох років перебуває у несприятливих умовах щодо водних ресурсів. Спостереження за якістю питної води в період з 2013 до 2023 показують поступове погіршення стану, причинами чого є промислові забруднення, необхідність покращення технічних можливостей інфраструктури та повномасштабне вторгнення на територію України з 2022 року [2-5].

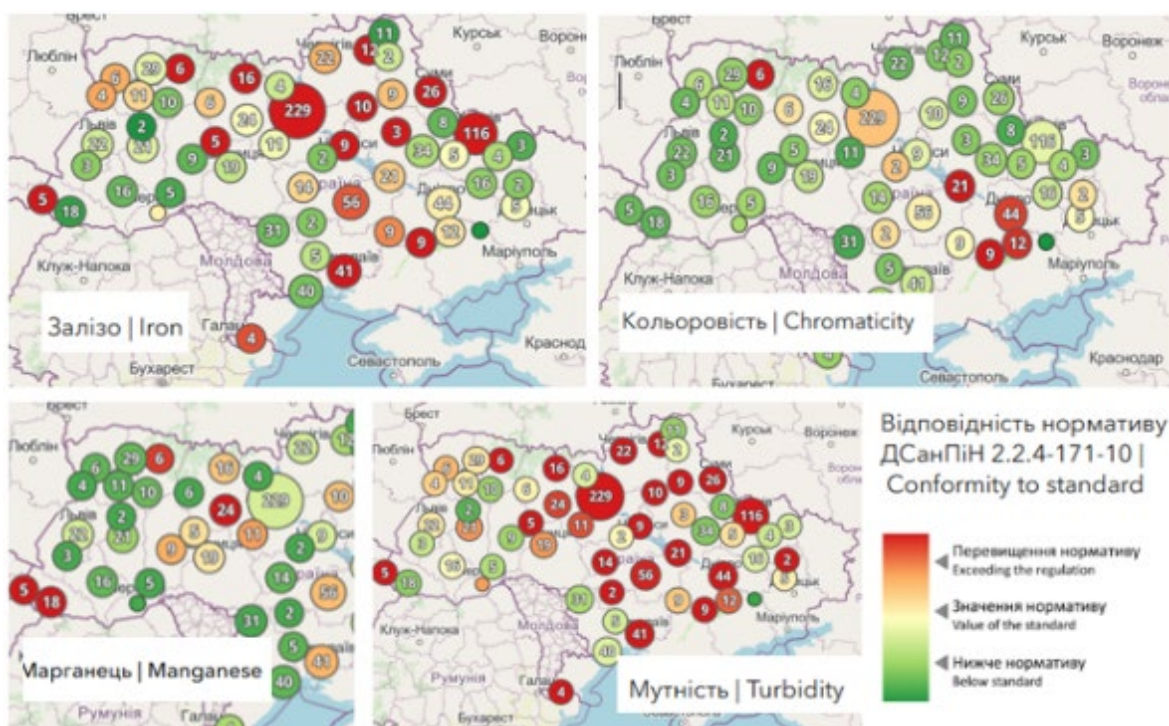


Рисунок 1.1 – Результати відбору проб водопровідної води за 2023 рік (залізо, кольоровість, марганець, мутність) [1]

За статистикою, кожного року реєструється по декілька масових спалахів захворювань, пов'язаних з водою. Таким чином в 2021 році від споживання неякісної води постраждало півсотні людей, а у 2018 році - дві сотні, більша частина з яких – діти. Недостатнє очищення стічних та промислових вод, насиченість їх надмірною кількістю сульфатів, хлоридів, заліза та інших токсичних речовин призводить до виникнення великої кількості хвороб, включаючи: ротавірусну та гострі кишкові інфекції, такі як: кишкова паличка, холера, гепатит А, черевний тиф та інші [2].

Станом на 2013 рік стан питної води, не зважаючи на деякі проблеми окремих промислових районів (забруднення нітратами та важкими металами), була більш менш стабільною. В результаті проведення моніторингу поверхневих вод за гідрохімічними показниками, якість води основних джерел централізованого водопостачання не визначалась задовільною. Оскільки за більшою часткою результатів, зафіксували перевищення гранично-допустимих значень

забруднюючих речовин. Централізоване постачання води охоплювало більшість міських районів, але доступ у сільських місцевостях залишався проблемним. Було проведено часткове оновлення насосного обладнання в системах водопостачання та збільшено протяжність водопровідних мереж. Інфраструктура очищення стічних вод залишалась недостатньо розвиненою. Причиною незадовільного стану питної води був неналежний стан технічних мереж водопроводів та споруд [3].

У 2016 році вже було зафіксовано погіршення якості у східних регіонах, через індустріальні забруднення. У басейнах р. Дніпро (за фосфат-іонами, показником ХСК, азотом амонійним), р. Південний Буг (за органічними сполуками), р. Сіверський Донець (за показниками БСК, ХСК та підвищеним вмістом солей), р. Дністер (БСК, ХСК, жорсткість, вміст завислих речовин) за результатами проведених вимірювань зареєстровано погіршення гідрохімічного стану порівняно з результатами минулих років. Серед причин забруднення виокремлюється саме скид забруднених комунально-побутових і промислових стічних вод у водні об'єкти. Частково покращилось централізоване водопостачання, також було проведено незначне покращення потужності очисних споруд, але зношеність систем зберіглась [4].

Збільшення кількості проб, які не відповідали стандартам (через бактеріологічне забруднення та насиченість хімічними компонентами) спостерігалось станом на 2019 рік. За результатами проведених вимірювань показників якісного стану вод різних басейнів були зафіксовані перевищення за показниками БСК та ХСК, сухий залишок, сполуки азоту, аніонні ПАР, забарвленість та багатьма іншими. Модернізація систем водопостачання не відбулась та спостерігались проблеми через скид неочищених стічних вод [5].

А з початком повномасштабного вторгнення, загальний стан з належним забезпеченням населення якісною питною водою значно погіршився. Станом на 2023 рік критично погіршилась якість води в зонах бойових дій, також з'явилися проблеми з доступом до води. Внаслідок бойових дій було зруйновано та критично пошкоджено велику кількість водопостачальної інфраструктури і очисних споруд [2].

Отже, проблематика з якістю питних вод країни набуває стрімкого розвитку. В основі багатьох праць було розкрито питання не відповідності показників якості води гранично-допустимим та їх не придатності для вживання людиною. Особливо гостро проблема постала на рівні областей, через які в тому числі протікає річка Дніпро. В роботі Рублевської Н.І. та інших співавторів - гігієнічної оцінки доочищеної питної води, було проведено оцінку якості та безпечності води річки Дніпро порівняно з питною доочищеною водою, протягом заданого періоду часу (2016-2021 рр.). В результаті проведених досліджень було встановлено, що питна водопровідна вода не відповідає встановленим гігієнічним вимогам, в той час як доочищена питна навпаки. За встановленими значеннями показників у цій роботі, можна розробити порівняльну характеристику водопровідної та доочищеної питних вод (табл. 1.1) [6].

Таблиця 1.1 - Порівняльна характеристика результатів досліджень якості водопровідної та доочищеної питної води басейну р. Дніпро [6]

Показник	Водопровідна вода	Доочищена вода
Нікель	Перевищення ГДК на 50 %	Відповідає нормам
Алюміній	Перевищення ГДК на 14 %	Відповідає нормам
Перманганатна окиснюваність	Перевищення ГДК на 48 %	Відповідає нормам
Хлороформ	Перевищення ГДК у 1,63-2,1 рази	Зниження у 2,16 - 6,52 рази, але все ще перевищує ГДК
Загальна жорсткість	Висока	Зменшена вдвічі
Сухий залишок	Високий	Зниження у 1,38-1,7 рази
Сульфати	Високий рівень	Зниження у 1,25-1,77 рази
Хлориди	Високий рівень	Зниження у 1,25-1,77 рази
Загальне залізо	Високий рівень	Зниження у 1,88 – 2,61 рази
Свинець	Перевищує норму	Зниження у 1,75 рази
Мідь, цинк, марганець, мідь'як	Перевищують норму	Зниження у 1,01 – 1,43 рази
Канцерогеновий ризик (на 1 млн. осіб)	130 - 167 додаткових випадків раку	20 – 74 додаткових випадки раку(у 2,16 - 6,5 рази менше)

У висновку до цієї роботи вказано, що хоч вода доочищена і не повністю відповідала граничним значенням, вплив її на здоров'я споживачів значно менший, аніж вплив від споживання водопровідної питної води [6].

Скиди стічних вод призводять також до економічних та екологічних збитків від забруднення водного об'єкту. На локальному рівні проблеми, пов'язані з якістю води, особливо помітні у населених пунктах, які розташовуються близько до великих водних артерій, таких як Дніпро. Одним з таких прикладів є місто Підгородне, яке також стикається з викликами, пов'язаними з доступом до якісної води. Господарське навантаження є причиною негативного впливу на невеликі річки, по-перше внаслідок забору великої кількості води з водойм для забезпечення потреб населення, по-друге це безпосередній скид спожитих вод, які були забруднені при використанні. Скид забруднених вод до річок призводить до різних негативних наслідків, які впливають на стан річок (рис. 1.1) [7].



Рисунок 1.1 – Приклад скидання господарсько-побутових стоків у водойми

Негативні наслідки скиду господарсько-побутових вод наступні:

1. Забруднення біогенними елементами, фосфатами та азотистими сполуками. Виникає через скид різних миючих засобів (пральні порошки, шампуні, засоби для миття посуду та інші). Наслідками даного забруднення є евтрофікація та формування так званих, мертвих зон річки.

Евтрофікація – процес надмірного збагачення водойм поживними речовинами (азотом, фосфором та ін.), які знищують продуктивність водойм. Через масове розмноження водоростей, вода стає яскраво - зеленою (рис. 1.2, а) [8,9].

2. Забруднення органічними речовинами відбувається через скид води, яка містить залишки їжі, жиру, масла та відходи каналізації. Через це забруднення збільшується біохімічне споживання кисню, що призводить до загибелі риб (рис. 1.2, *b*), а також з'являється неприємний запах, як наслідок розкладання органіки [9].

3. Забруднення токсичними речовинами і важкими металами - через скид вод з залишками засобів побутової хімії, фарб, лакафорбових матеріалів. Як наслідок відбувається аккумуляція важких металів (ртуті, свинцю, кадмію) у водних організмах та токсична дія на водну фауну (мутації, захворювання та загибель риб). Характерними ознаками забруднень є неприємний запах та поява піни на поверхні води (рис. 1.2, *c*) [9].

4. Потрапляння мікропластику у воду (рис. 1.2, *d*), його накопичення у водних організмів, порушення екосистем через механічне та хімічне забруднення. Причиною чого є скид вод, які містять мікропластик та синтетичні речовини, з косметики, пластикової тари, пральних порошків та текстилю (мікріволокон) [9].

5. Скид неочищених каналізаційних стоків, фекальних відходів призводять до виникнення патогенних мікроорганізмів: забруднення води бактеріями та вірусами (сальмонела, гепатит А та інші, рис. 1.2, *f*), які підвищують ризик розвитку інфекційних захворювань у людей, які використовуватимуть воду для пиття чи купання [9].



Рисунок 1.2 – Наслідки скиду господарсько-побутових вод:

a) евтрофікація водойм; *b)* загибель риби; *c)* поява піни на поверхні води; *d)* мікропластик у воді; *f)* віруси та бактерії у питній воді

Отже, проблеми з якістю питної води дедалі більше набувають актуальності. Доступ до безпечної води обмежений особливо через застаріле обладнання, інтенсивне техногенне навантаження та руйнівні наслідки війни. Неконтрольовані скиди стічних вод, недостатній рівень очищення їх та недостатній контроль є причинами критичних ризиків як для екологічної ситуації так і для здоров'я людей.

1.2 Основи водопідготовки у системах водопостачання

Забір води, для використання її в подальшому, можна здійснювати з поверхневих або підземних водойм. Поверхневі води представлені річками, водосховищами або озерами, тоді як підземні води можуть бути отримані через

свердловини. Підземні води залишаються основним джерелом питної води для більшості сільських жителів країн, незважаючи на доступність поверхневих джерел води [10].

На стан природних водойм, з яких здійснюється забір води, впливають різні чинники, зокрема процеси окиснення, відновлення, осідання домішок та перепади температур, тиску чи інших факторів. Поверхневі джерела води можуть містити розчинені тверді, неорганічні та органічні завислі речовини, а також мікроорганізми. Хоча підземні води також схильні до забруднення внаслідок антропогенної діяльності, вони кращої якості та мають нижчу концентрацію завислих речовин, через процес природної фільтрації. Однак розчинених твердих речовин може бути більше через характеристики материнської породи. Деякі розчинені тверді речовини можуть бути геогенними забруднювачами ґрунтових вод, такими як фториди, миш'як і важкі метали. Концентрація цих природних забруднювачів у підземних водах залежить від геохімічних умов, таких як рН і окисно-відновний потенціал. Джерела підземної води, такі як трубчасті колодязі, розташовані поблизу вбиральнь, септиків і ставків, можуть забруднюватись через інфільтрацію у водоносні горизонти. Тому перед водопостачанням води споживачам, необхідним є її очищення. Щоб ефективно здійснити цей процес необхідно враховувати склад і концентрацію домішок та привести їх значення до прийнятих нормативними вимогами [11].

Водопостачання являє собою комплексну систему подачі води з природних джерел до споживачів. Постачання води здійснюють в три кроки: спочатку відбувається процес забору води з джерела, після чого вода проходить етап очищення, тобто відбувається водопідготовка і вже потім вода подається у розподільну мережу та потрапляє до споживачів. Джерело забору вибирається так, щоб забезпечити достатню кількість воду залежно від попиту. Попит на воду враховує всі побутові, комерційні, інституційні, протипожежні та, в деяких випадках, промислові потреби. Місця забору поверхневих вод зазвичай визначають вище за течією від великих міських центрів, щоб уникнути забруднення стічними

водами. Однак зростання міських центрів і їх близькість обмежують вибір лише вище за течією міст [10].

Поверхневі води піддаються стандартній обробці води. Основним завданням звичайної водоочисної установки є видалення зважених твердих речовин і мікроорганізмів. Для видалення забруднювачів природного походження передбачено звичайну очисну станцію, а для забруднень антропогенного походження потрібне додаткове очищення або достатнє розведення у водоймах. Процес стандартної очистки води ускладнюється при погіршенні якості джерельної води, через що збільшуються витрати на очищення та знижується якість поданої води. Корозійна активність поверхневих і підземних вод залежить від рН, жорсткості та інших факторів. Часто у воді присутні розчинені мінерали, які накопичуються всередині трубопроводів і викликають утворення накипу. У поєднанні з іншими формами очищення можливо знизити корозійну активність сирої води. Висока температура води прискорює корозійну дію і знижує в'язкість води. Якщо геогенні забруднення відсутні, підземні води можуть потребувати лише дезінфекції перед подачею. Якщо геогенні забруднювачі присутні, а альтернативне джерело води недоступне, обробка, призначена для цього забруднювача, неминуча [11].

Класична технологічна схема підготовки води з поверхневого джерела включає в себе коагуляцію та флокуляцію; седиментацію; фільтрацію та дезінфекцію. Процеси коагуляції та флокуляції представляють собою ведення коагулянтів або флокулянтів, відповідно. Вони утворюють пластівці, які адсорбують дрібнодисперсні частки та органічні речовини. Седиментація це процес відстоювання, який являє собою осадження флокул за участі дії сили тяжіння у відстійниках. Фільтрація це пропускання води через шар фільтруючих матеріал, піску, вугілля. Процес необхідний для видалення завислих частин та відповідно для покращення прозорості води. Дезінфекція необхідна для знешкодження мікроорганізмів хлоруванням, озонуванням або за допомогою ультрафіолетового випромінювання [12].

Підземні води потребують меншого очищення, ніж поверхневі. Окрім дезінфекції, обробка води може включати коагуляцію, відстоювання, фільтрацію, пом'якшення та видалення заліза. Технології очищення води від геогенних забруднювачів можна класифікувати на основі їхнього розташування біля джерела. Технологію очищення води також можна класифікувати за принципами очищення (фільтрація, адсорбція, електрокоагуляція тощо) [11].

При заборі води з підземних джерел процес водопідготовки зазвичай відбувається з застосуванням наступних варіантів: пом'якшення води; знезалізнення; демінералізацію; адсорбцію. Пом'якшення води можна проводити за двома методами: іонний обмін та реагенте пом'якшення. Процес іонного обміну являє собою проходження води через катіонні фільтри, в процесі обміну іону кальцію та магнію заміщуються іонами натрію. Реагентом проводять пом'якшення шляхом додавання вапна і соди для переведення розчинених молей у нерозчинні карбонати, які видаляють шляхом відстоювання або фільтрації. Знезалізнення проводять для видалення заліза та марганцю додаванням окисників. Або додатково можна використовувати фільтри з активованим навантаженням. Процес демінералізації для видалення солей натрію, хлоридів, сульфатів проводиться з застосуванням зворотного осмосу (мембранна технологія проходження води через напівпроникну мембрану для затримки солей), нанофільтрації (мембранний процес, який видаляє великі органічні молекули, іони жорсткості) або іонного обміну. Адсорбцію на активованому вугіллі з використанням фільтрів проводять для видалення органічних речовин, запахів та присмаків.

Хоча очищення постачальної води не зазнає суттєвих змін, останніми роками велика увага приділяється безпечній обробці води, оскільки організація безпечного водопостачання є доволі амбітною метою. Для досягнення якої необхідним є удосконалення методів контролю за якістю води під час подачі, застосування сучасних технологій очищення, врахування всіх користувачів у системах моніторингу, розробки планів реагування на надзвичайні ситуації, розробка та реалізація програм управління водними ресурсами [14]. Все більше використовуються нові методи водопідготовки, такі як: мембранні технології;

електрокоагуляція; біологічні методи очищення та плазмохімічна обробка. Мембрані технології це мікрофільтрація (видалення суспензії та бактерій), ультрафільтрація (видалення колоїдів та вірусів), нанофільтрація (видалення органіки та частково солей), зворотний осмос (забезпечує майже повне знесолення та знебарвлення). Електрокоагуляція це метод очищення за допомогою застосування електричного струму. В результаті його проведення видаляються суспензії, важкі метали, органіка, фосфати та деякі мікроорганізми. Процес біологічної очистки (анаеробні біореактори) відбувається за допомогою мікроорганізмів, які розкладають бактерії без кисню, через що утворюється біогаз. Плазмохімічне очищення відбувається за використання плазми (іонізованого газу), через яку створюються радикали, озон та перекиси. Вони окислюють та руйнують стійкі органічні забруднення (пестицидами чи фармацевтичними речовинами та інші) [15].

1.3 Основні методи очистки стічних вод

Господарська діяльність людей має значний вплив на стан водних джерел, як за кількісним так і за якісним складом, тому однією з причин забруднення водних об'єктів, як згадувалось раніше є скид господарсько-побутових вод, скиди промислових стоків, поверхневі (атмосферні) стічні води. Внаслідок промислової діяльності також утворюється великий обсяг скидів: утворюються скиди вод з вмістом бензолу, канцерогенних сполук ПАУ; скиди вод з високим вмістом важких металів (свинцю, ртуті, кадмію та хрому); утворюються води з високим рівнем фосфатів, нітратів та амонійного азоту; феноли, поліхлоровані біфеніли, пестициди та гербіциди, тощо (рис. 1.3) [16].

Скиди стічних вод, як промислової так і господарсько-побутової діяльності є причиною погіршення водних екосистем, здоров'я людей та виникнення соціально-економічних збитків.



Рисунок 1.3 – Класифікація стічних вод

Для того щоб задовільняти потреби населення, зберігати екосистеми річок в цілому встановлено вимоги щодо якості питної води та гранично-допустимих показників. Для дотримання яких необхідно проводити певні заходи очистки відпрацьованих вод та водопідготовки. Залежно від типу та рівню забруднення стічних вод застосовують різні методи очищення води. Розрізняють механічні (рис.1.4), хімічні, фізичні, біологічні методи очищення стоків. Також методи можна комбінувати між собою.

До механічних методів відносять проціджування, подрібнення, відстоювання, фільтрування. Хімічними методами є коагуляція, флокуляція, нейтралізація, відновлення та окиснення.

Фізико-хімічні методи: флотація, сорбція, іонний обмін, евапорація, електрокоагуляція, екстракція, електроосмос та електродіаліз.

Біологічні (рис.1.5) – біологічні ставки, біофільтри та аеротенки. Комбінований метод полягає у використанні двох чи більше інших методів, для досягнення більшої ефективності (табл. 1.2) [17].

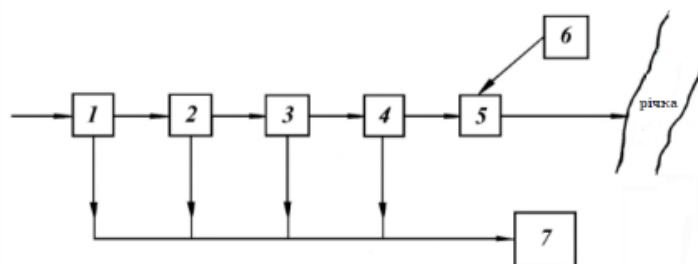


Рисунок 1.4 – Схема механічного очищення стічних вод : 1 – решітка; 2 – піскоуловлювач; 3 – нафтовловлювач; 4 – відстійник; 5 – контактний резервуар; 6 – хлораторна; 7 – споруди для обробки осаду [18]

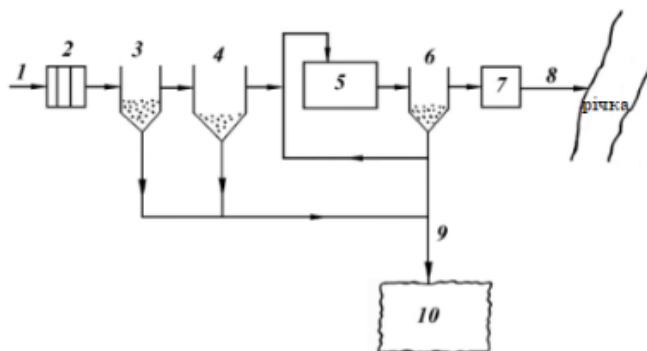


Рисунок 1.5 – Технологічна схема очищення стічних вод біологічним методом: 1 – надходження стічних вод; 2 – решітка; 3 – піскоуловлювач; 4 – первинне відстоювання в відстійнику; 5 – біологічна обробка в аеротенку; 6 – вторинний відстійник; 7 – кінцеве доочищення в спеціальних спорудах; 8 – відведення рідини; 9 – транспортування мулу на обробку; 10 – споруди для обробки мулу [18]

Серед сучасних методів як для очистки стічних вод так і для водопітготовки питної води важливу роль відіграють і мембранні технології, дозволяючи отримувати практично будь яку воду, яка матиме високий ступінь очищення, оскільки використання цих технологій є ефективним через можливість видалення більше ніж 90 % домішок. В основі принципу їх дії закладено фізичний розподіл речовин з використанням напівпроникних мембран. Великі частинки, бактерії та віруси затримуються завдяки ультрафільтрації, а видалення навіть розчинених солей та органічних сполук можливо при нанофільтрації та зворотному осмосі.

Таблиця 1.2 – Класифікації методів очистки стічних вод та їх принцип дії [16]

Метод очистки стічних вод	Різновид методу		Основа принципу дії
Механічний	Проціджування		Видалення часток через ґрати, сита, решітки
	Фільтрування		Пропуск через пісок, вугілля
	Подрібнення		Подрібнення через дробарки, шредери
	Відстоювання		Осідання часток у відстійниках
Хімічний	Коагуляція		Зціплення часток у великі пластівці завдяки додаванню солі алюмінію або заліза
	Флокуляція		Застосування полімерів
	Нейтралізація		Додавання лугів для нейтралізації кислотності
	Відновлення		Перетворення речовин у нерозчинні форми з використанням відновників
	Окиснення		Руйнування забруднювачів озonom, хлором, перекисом водню
Фізико-хімічний	Флотація	Плівкова	Тонкі поверхневі плівки, для спливання
		Пінна	Повітряні бульбашки, для захоплення
		Вакуумна	Розрідження для виведення газів і зав. Часток
		Компресій на	Стиснене повітря для утворення мікро бульбашок, сприяють виводу домішок на поверхню
		Адгезійна	Захоплення частинок завдяки липким поверхням
		Іонна	Додавання ПАВ, для утворення бульбашок
		Хімічна	-П-(додавання коагулянтів та флокулянтів)
		Електро-флотація	Бульбашки водню та кисню (електролізу)
	Флотація з носієм		Використання цеоліту, глини, активованого вугілля для адсорбції
	Сорбція		Поглинання домішок активованим вугіллям, цеолітами, полімерними сорбентами
	Іонний обмін		Видалення розчинених іонів катіонами та аніонами
	Евапорація		Шляхом нагрівання і конденсації пари
	Електрокоагуляція		Утворення газових бульбашок при електролізі води
	Екстракція		За допомогою розчинників, які утворюють окремий шар
	Електроосмос		Застосування електричного поля
	Електродіаліз		Шляхом пропускання через іон селективні мембрани
Біологічний	Біофільтри		Насадки з колоніями бактерій, для розкладання органіки
	Аеротенки		Подача кисню в резервуари, очищення аеробними бактеріями
	Біологічні ставки		Природна біологічна чистка в ставках
Комбінований	1. Механічне + Біологічне (попереднє відстоювання, біологічне очищення), 2. Фізико-хімічне + Хімічне (коагуляція + флотація), 3. Електродіаліз + Іонний обмін, 4. Окиснення + Біологічне (хімічна обробка перед біофільтрацією)		

Важливим чинником, який варто враховувати при виборі методів очистки, є безреагентність при проведенні мембранної очистки, тобто для неї не потрібно використовувати хімічні речовини. Очищення вод даним методом проходить всього в один етап, що дозволяє знизити час проведення очистки, знижується енергозатратність та експлуатаційні витрати, система є компактною; необхідність комбінування певних методів повністю зникає. Якість фільтрації залишається стабільною (незалежно від складу вихідної води), а вихід чистої води є максимальним, що дозволяє очищати різні види забруднюючих речовин лише одним методом та сприяти раціональному використанню ресурсів відповідно. Завдяки тому що для цього методу не потрібно застосовувати хімічні реагенти цей процес не лише ефективним але й екологічно безпечний [19].

Ще один сучасний метод це використання біореакторів. Біореактори використовують в різних сферах: для виробництва біогазу, виробництва ферментів, для компостування та для очищення стічних. При виробництві біогазу в біореакторі відбувається процес утилізації органічної маси та утворення метану. При біотехнологічних процесах в біореакторі культивуються бактерії, які синтезують речовини. А при очищенні стічних вод в біореакторах проходять процес гідролізу та окислення (у аеробних), зброджування (у анаеробних), осад біомаси [20]. Прикладом застосування анаеробних біореакторів є дослідження біологічного очищення стічних вод шкіряної промисловості, автором якого є В.С. Жукова та Л. А. Саблій.

Принцип очищення вод за допомогою анаеробного біореактора наступний: стічні води подаються в анаеробний біореактор, проходять через волокнистий носій, відбувається їх контакт з закріпленими на ньому мікроорганізмами. Далі відбувається розподіл рідини за допомогою циркуляційного насоса під час цього процесу виділяється газ та розвиваються анаеробні бактерії, який забирається спеціальним пристроєм та затримуються на волокнах, відповідно. Після чого вода отримана після цього очищення подається у другий анаеробний біореактор, де проходить ті ж самі етапи очистки, але мікроорганізми за видовим складом вже інші через вплив просторової суспензії. Після очищення у другому біореакторі,

вода послідовно подається у три наступних біореактори. В них від компресору подається вода, подається повітря, утворюються дрібні бульбашки через аератори. Мікроорганізми закріплені на всіх анаеробних біореакторах, які також сприяють очищенню [21]. Серед переваг очищення анаеробними біореакторами виділяють високу продуктивність, використання мулу як добриво, не утворюється запах. Важливим фактором для підтримання високої продуктивності є вибір реакторів з насипною насадкою, через кількість її переваг, таких як: конструкція є простою, її значно легше реалізувати аніж інші, та інше [22, 23].

Для очищення стічних вод використовують також плазми. Ефективність використання плазм для очищення стічних вод ґрунтується на тому, що вони є джерелом для плазмохімічних реакцій, завдяки ряду факторів властивих плазмам: висока щільність енергії в обмеженому об'ємі, підсилена радіоакустичним та електродинамічним, магнітним впливом. Під впливом комплексу чинників: високих температур, електромагнітного поля, оптичного випромінювання у широку спектрі, радіохвиль, високо інтенсивних акустичних хвиль та енергетичного потоку іонів змінюється склад води. Коли на межі розподілу води з повітрям відбувається розряд, значна площа контакту забезпечує зменшення енерговитрат при очищенні. Що дозволяє позбуватись від стійких мікроорганізмів та хімічних сполук, видалення яких є доволі проблемним при застосуванні загальноприйнятих методів. Отже, під комплексним впливом факторів та їх взаємодії між собою, в результаті ми отримуємо знезаражену воду та окремо нерозчинені залишки твердих речовин [24].

Деструктивний метод є базою при очищенні плазмохімічним методом. Завдяки використанню цього метода забруднюючі речовини не лише видаляються, а ще й зазнають хімічних змін на молекулярному рівні. Оскільки він передбачає хімічну модифікацію структури молекул, чого не відбувається при застосуванні регенеративних методів. Методом плазмохімічного очищення також можна проводити і водопідготовку питної води [25].

2 ПРИРОДНІ УМОВИ ТА ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНУ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 Кліматична характеристика та природні умови міста Підгородне

Підгородне – північний пригород Дніпра площею 99,13 км², з кількістю населення 19 138 осіб, знаходиться в Дніпровському районі Дніпропетровській області. Дніпропетровська область характеризується доволі чіткою сезонністю зміни клімату. Зима помірно холодна, малосніжна, присутні періоди сильних морозів, з середньою температурою січня до $-5.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ - $-6.5\text{ }^{\circ}\text{C}$, абсолютний мінімум $-37.0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Найхолоднішими районами є північна та північно-східна частина області (Магдалинівка, Губиниха та ін.), а найтеплішими- південні регіони (Кривий ріг, Нікополь та ін.), центр області (Дніпро, Підгородне, Самар) посередньо температурна частина ($-5.5\text{ }^{\circ}\text{C}$). Літо доволі спекотне та має посушливий характер температурного режиму. Південні райони області мають середню температуру повітря в липні - $+23\text{ }^{\circ}\text{C}$, центральна частина - $+22\text{ }^{\circ}\text{C}$, північ та північний схід - $+21.5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Показник абсолютного максимуму складає $+41\text{ }^{\circ}\text{C}$, який характерний для міст Кривий Ріг, Жовті Води тощо. Річна норма опадів від менше 425 мм до 500 мм з півдня на північ відповідно (рис. 2.1) [26].

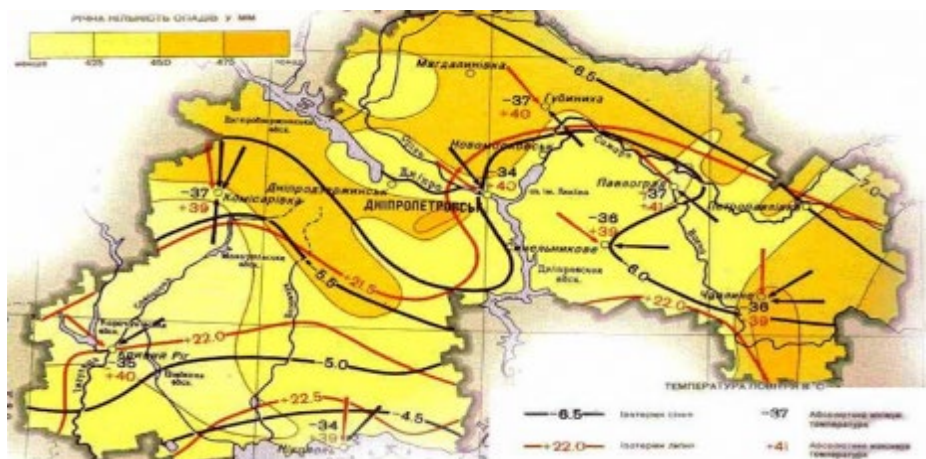


Рисунок 2.1 –Кліматична карта Дніпропетровської області [22]

Район дослідження розташований в зоні помірно-континентального клімату, яка характеризується помірною зимою та теплим літом, достатньою кількістю опадів та доволі частими змінами погоди, через вплив повітряних мас. Це є важливим фактором при виборі технологій очищення стічних вод, оскільки впливовими є температурний режим (взимку води охолоджуються, тому треба використовувати ізольовані споруди), кількість опадів (у періоди дощів зростає кількість стоків, необхідно впроваджувати системи для можливого регулювання навантаження на очисні споруди), зміни вологості залежно від сезону (вплив на швидкість висихання мулу, необхідно застосовувати механічне зневоднення мулу, або загалом технології, які менше залежать від клімату)) [27].

Також для визначення умов проектування треба враховувати рельєф, властивості ґрунтів та гідрологічні особливості.

Географічною зонною розташування території міста є Придніпровська низовина, яка має характер рівнинного рельєфу, поверхня якої знижується за висотою в напрямку заходу та південного заходу, від 170-140 м до 120-90 м. Основа низовини під землею кристалічні породи, які знаходяться під тонким шаром піску та глини. Забруднення водою також можливе при стіканні дощових вод, що в свою чергу залежить від характеру рельєфу. Характеристики природних умов міста Підгородне наведені в таблиця 2.1.

Таблиця 2.1 – Особливості природних умов міста Підгородне [27,28]

Температурний режим	Найхолоднішим місяцем є січень із середньою мінімальною температурою $-8,4^{\circ}\text{C}$, що визначає потребу в термостійких конструкціях очисних споруд. Найтепліший місяць – липень, коли середня максимальна температура досягає $+26,7^{\circ}\text{C}$, а середня – $+21^{\circ}\text{C}$. Високі температури влітку сприяють активізації біологічних процесів, що важливо для біологічних методів очищення
Кількість опадів	Річна кількість опадів коливається від 400 до 490 мм, що є відносно низьким показником. Опади розподіляються нерівномірно протягом року: найбільша кількість припадає на літній період у вигляді злив, а найменша – на зимові місяці. Це створює сезонні пікові навантаження на системи Водовідведення
Сонячна активність	У середньому 240 днів на рік є сонячними, що позитивно впливає на процеси випаровування та може враховуватись у системах очищення осадів за допомогою сонячної сушки
Атмосферна циркуляція та вітри	Умови загальної атмосферної циркуляції визначають напрямки переважаючих вітрів: - Взимку (січень – квітень) домінують вітри східного напрямку. - Влітку (травень – жовтень) переважають північні вітри. У перехідні місяці (листопад і грудень) спостерігаються західні та південні вітри.
	Середня швидкість вітру становить 3–4 м/с за розою вітрів міста (рис. 2.2), що забезпечує добру природну вентиляцію території
Кліматичні явища	На території періодично спостерігаються такі природні явища, як грози, град, хуртовини, суховії, тумани та ожеледь. Рідше трапляються пилові бурі та смерчі. Врахування цих явищ є важливим для забезпечення стійкості інженерних конструкцій

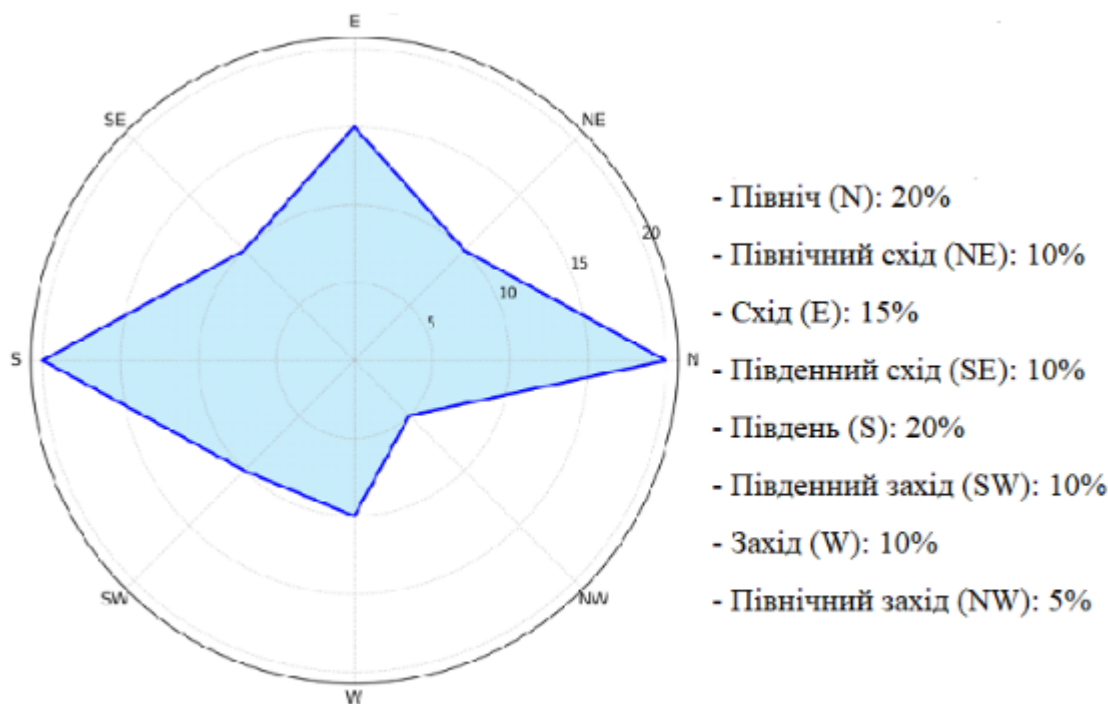


Рисунок 2.2 - Роза вітрів для міста Підгородне

Ґрунти на території представлені чорноземами малогумусними, які є сприятливою умовою ведення сільського господарства. Проте висока родючість ґрунтів супроводжується чутливістю до забруднення, що робить ефективне очищення стічних вод особливо актуальним для цього району. Внаслідок антропогенного впливу ґрунти є переущільненими, за картами стійкості ґрунтів до забруднення (рис. 2.3, а) та навантаження пестицидами на ґрунти (рис. 2.3, б) територія відноситься до дуже середньостійких та знаходиться в несприятливій зоні відповідно [27].

Територія міста розташована по берегам річки Кільчень та біля місця впаду в річку Самару та загалом розділена на окремі чотири басейну водозабору, які мають власну систему акумуляції опадів.

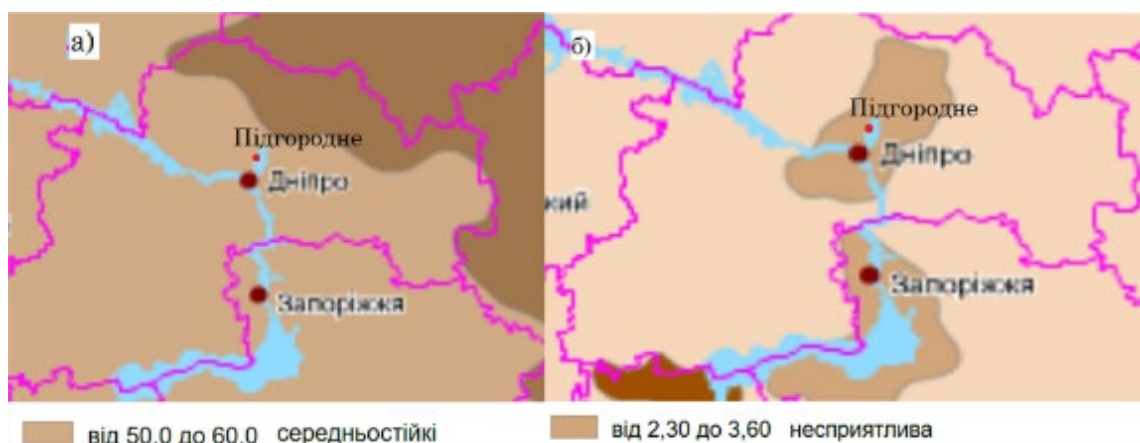


Рисунок 2.3 - Стійкість природного середовища досліджуваної території:

а) резистентність ґрунтів до проникнення забруднень промислових відходів, продуктів життєдіяльності тварин, мінеральних та органічних сполук, пестицидів (%), б) сумарний показник навантаження пестицидів на ґрунти (в у.о. Кс) [29,30]

Вода стікає з вищих ділянок, які позначені бежевим кольором до нижчих - червоним. За напрямками стоків формуються локальні зони, для кожного водозабору з самостійною гідрологічною структурою (рис. 2.4) [31,32].



Рисунок 2.4 - Карта розподілу дощового стоку та меж водозабірних басейнів міста Підгородне [27]

Природні умови міста мають значний вплив на вибір систем очищення води. Помірно-континентальний клімат з сезонними коливаннями температур та опадів, особливості рельєфу, ґрунтів та гідрологічна складова вказують на необхідність утеплення споруд, механічного зневоднення осаду, передбачення можливості регулювання сезонних пікових навантажень та захисту ґрунтів від вторинного забруднення.

2.2. Екологічний стан водних ресурсів району дослідження

2.2.1 Річка Кільчень

Як було зазначено раніше, через Підгородне протікає р. Кільчень та впадає в р. Самару. р. Дніпро, р. Самара і р. Кільчень утворюють Самарські плавні. Кільчень є малою річкою, довжиною 116 км. За дослідженням карти місцевостей витoki річки починаються з села Голубівки, розташованого на півночі області, протікає через села Миролубівка, Миколаївка та інші, середня її течія протікає через селище міського типу Магдалинівку, вздовж русла річки також розташовані також села Троїцьке, Воскресенівка, Спаське, перед впадінням у Самару річка проходить через місто Підгородне (рис.2.5).

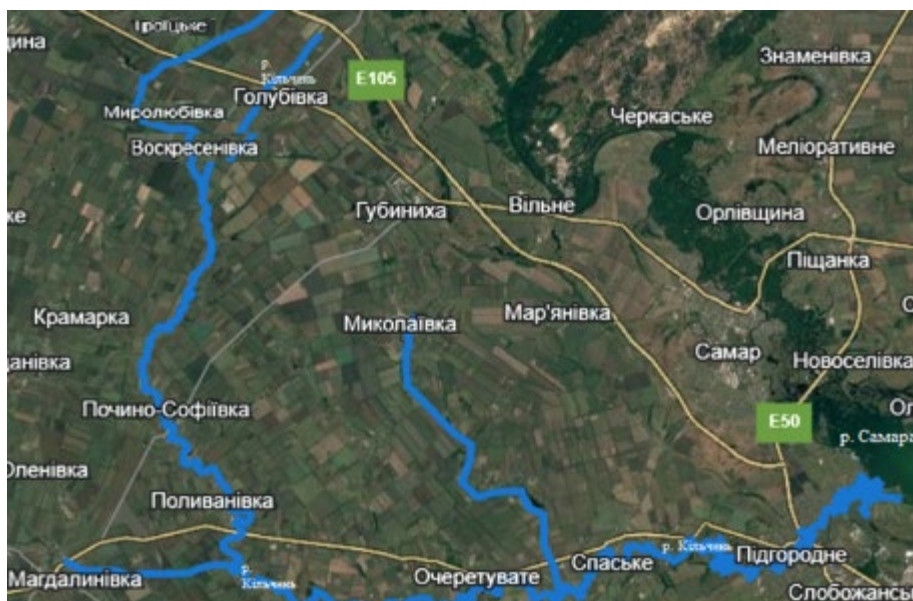


Рисунок 2.5 – Картосхема русла річки Кільчень з позначенням основних населених пунктів [35]

Переважно річка проходить через сільські населені пункти, води якої використовують для сільськогосподарської промисловості. Оскільки більшість цих сільських місцевостей розташовані на рівнинній місцевості течія річки спокійна, заплава широка, а рух течії самопливний. Площа водозабору річки 937 км², долина річки трапецієподібна та симетрична, висота витoku над рівнем моря $\approx 140-160$ м, висота гирла $\approx 50-60$ м, середній ухил русла $\approx 0,6-0,7$ м/км, ширина річки від 5 до 30 м (в середній течії – 10 - 15 м.), глибина переважно 0,5 - 2 м, на плесах - 3м., живлення річки змішане: снігове, дощове, ґрунтове, за режимом течії спостерігається весняна повінь та літньо-осіння межень [33,34].

Останніми роками стан цієї річки погіршується, що викликає велике занепокоєння. Основними факторами забруднень є: мутність та цвітіння водойми, неприємний запах, загибель риби, наявність бактерій у воді (холероподібний вібріон), перевищення вмісту хімічних речовин у складі води (магній, сульфати, хлориди та фториди; а також підвищена загальна лужність та жорсткість).

Близько двох років тому у місті Підгородне мешканці почали звертати увагу на помітні зміни у стані річки Кільчень. Вода, яка раніше була досить прозорою, набула мутного вигляду. Її колір став сіро-жовтуватим, а поверхня часом

вкривалася плівкою. З'явився специфічний запах, який нагадував щось гниле або хімічне - особливо це відчувалося влітку, у спекотні дні, коли вода ставала ще більш застійною. Згодом почали з'являтися тривожніші сигнали - на берегах річки знаходили загиблу рибу. Це були не поодинокі випадки, і, хоча мова не йшла про екологічну катастрофу, все ж ситуація викликала занепокоєння. Риба - один із головних показників стану водойми, і її загибель зазвичай свідчить про нестачу кисню, підвищену концентрацію органіки або потрапляння токсичних речовин. Також зменшилась кількість черепах, яких раніше часто можна було побачити у водоймі. Їхнє зникнення могло бути пов'язане як із погіршенням умов існування, так і з шумом, забрудненням дна або зменшенням кормової бази. Такі зміни можуть мати різне походження. Часто до подібного стану призводить потрапляння у воду побутових чи промислових стоків. Це можуть бути миючі засоби, органічні рештки, продукти життєдіяльності - усе це стимулює ріст водоростей і бактерій, які споживають кисень і створюють сприятливі умови для процесів гниття. Як результат - зміна кольору, запаху, поява токсичних речовин і погіршення якості води, бо також було виявлено характерні прояви цвітіння річки (рис.2.6).

Крім того, малі річки, як-от Кільчень, більш вразливі до локальних забруднень - вони мають менший об'єм води, повільніший плин, і їм складніше самоочищуватися. Тому навіть незначне забруднення в одному місці може вплинути на весь відрізок річки [36,37].

У 2022 та 2024 роках в водах річки було виявлено присутність холероподібного вібріону, це є проявом мікробіологічного забруднення. Цей мікроорганізм не є збудником холери, проте він все ж таки може спричиняти інші гострі кишкові інфекції. Окрім явної фіксації мікробіологічного забруднення, при проведенні хімічного аналізу проб води, з кожним роком встановлюється не відповідність значень показників гранично-допустимим. Результати відбору проб води у грудні 2024 року показали перевищений вміст магнію, сульфатів, хлоридів, фторидів, а також загальної лужності та твердості (табл. 2.2) [38-40].



Рисунок 2.6 - Прояв забруднення річки Кільчень (мутність, зміна кольору, цвітіння води та мертві риби) [36,37].

Хоча річка Кільчень - не найбільша в області, вона має важливе значення, адже впадає в річку Самара. Це означає, що все, що потрапляє в її воду - від побутових відходів до промислових стоків - рано чи пізно опиниться в р. Самарі. Тому забруднення Кільчень не можна розглядати як окрему локальну проблему. Це частина більших екологічних змін. Якщо сьогодні до р.Кільчень скидають стічні води або інші шкідливі речовини, завтра ці ж речовини можуть опинитися в р.Самарі, а згодом — і в р.Дніпро. І чим більше таких впливів накопичується, тим складніше потім відновити природну рівновагу. Саме через це так важливо слідкувати не тільки за великими річками, а й за меншими - як-от Кільчень [27].

Таблиця 2.2 - Результати показників аналізу відбору проб води в місті Підгородне, з річки Кільчень (грудень 2024) [40]

Параметр	Граничне значення*	Визначене значення
Водневий показник, рН	6,5 - 8,5	7,95
Окислювально-відновний потенціал, mV	-	210
Загальна кількість розчинених речовин (сухий залишок), мг/дм ³	1000	730
Хімічне споживання кисню (ХСК), мг/дм ³	30 мг O ₂ /дм ³ **	3,15
Кальцій (Ca), мг/дм ³	200,0	140,28
Магній (Mg), мг/дм ³	50	158,08
Загальна жорсткість, ммоль/ дм ³	1,5-7,0 ***	10
Загальна лужність, ммоль/ дм ³	0,5-6,5 ***	10,3
Сульфати (SO ₄ ²⁻), мг/дм ³	500	1087,45
Хлориди (Cl ⁻), мг/дм ³	350	389,03
Гідрокарбонати (HCO ₃ ⁻), мг/дм ³	-	588,2
Карбонати (CO ₃ ²⁻), мг/дм ³	-	<1,0
Розчинений CO ₂ , мг/дм ³	-	61,25
Розчинений кисень (O ₂), мг/дм ³	> 4	8,63
Нітрати (NO ₃), мг/дм ³	45,0	14,76
Нітрити (NO ₂ ⁻), мг/дм ³	3,3	0,01
Азот амонійний (NH ₄ ⁺), мг/дм ³	2,0	0,17
Броміди (Br ⁻), мг/дм ³	0,2	< 0,02
Йодиди (I ⁻), мг/дм ³	-	0,7
Фториди (F ⁻), мг/дм ³	1,5	6,74
Фосфати (PO ₄ ³⁻), мг/дм ³	3,5	0,24
Гідросульфідни (HS ⁻), мг/дм ³	-	< 0,3
Сіліцій (в перерахунку на SiO ₂), мг/дм ³	10	0,66
Залізо загальне, мг/дм ³	0,3	<0,05

2.2.2 Річка Самара

Річка Самара є однією з найбільших лівих приток р. Дніпра, яка знаходиться в межах трьох областей: Дніпропетровської, Донецької та Харківської. Річка бере початок на північному сході України, на межі Харківської та Дніпропетровської областей, де її витік пов'язаний із болотистими ділянками, типово властивими лісостеповій зоні. Далі вона поступово переходить у зону сухого степу, де ландшафт змінюється, але значення водної артерії тільки зростає. Довжина річки становить 311 км, площа басейну перевищує 22 000 км² (рис. 2.7). Як і р.Кільчень, р. Самара є рікою рівнинного характеру, а отже має доволі незначний похил (0,33 м/км), течія ріки повільна, внаслідок чого утворюються вигини (меандри), заплави та болотисті ділянки. Через доволі малий похил ріка має деякі особливості гідрологічного режиму, повені довготривалі, особливо весною при таненні снігу.

Схили долини річки різні: один - крутіший, другий - пологіший, за формою вона є трапеподібною, асиметричною. Схили долини не чітко окреслені, рельєф на деякій ділянках виражений слабо. Ширина долини змінюється по течії: від 2,5 - км у верхній частині до 12 км ближче до гирла. Гідрологічна структура річки є доволі складною. р.Самара має велику кількість приток, зокрема р.Вовчу, р.Кільчень, р.Бик, р.Вовчий Верх та інші. Притоки суттєво впливають на водний режим річки, особливо у весняний період паводків, коли внаслідок танення снігів збільшується витрата води. Але зміни клімату, скорочення обсягів опадів та зменшення водності джерел живлення призвели до помітного зниження середньорічного стоку. До місця впадіння притоки р.Вовча, річище р.Самари досить вузьке (15-40 метрів). Нижче за течією, після впадіння р.Вовчой, воно стає ширшим 40-80 метрів.



Рисунок 2.7 –Басейн ріки Самара

На окремих ділянках річка може розширюватись аж до 300 метрів, особливо в місцях з розгалуженою заплавою та під час повеней. У пригирловій частині ріки її течія переходить у води Самарської Затоки, яка утворилась внаслідок затоплення частини долини водосховищем, в цій частині розширюється долина річки, формуючи двосторонню заплави. Середня ширина якої становити 3-4 км, а максимальна - до 6 км. У заплаві є старі русла річки, які виглядають як окремі вигнуті водойми, стариці. Як і характерно для річок у східних та центральних регіонах, замерзає вона зазвичай у грудні, при стійких морозах, а скресає у березні, при весняному потеплінні. Живлення річки переважно снігове, основний приплив води відбувається навесні, під час чого спостерігаються найвищі рівні води. Річка виконує багато функцій: вона забезпечує населення питною водою, використовується для технічних потреб промислових підприємств, служить джерелом зрошення сільськогосподарських угідь [41]. Проте останні роки річка стикається з серйозними екологічними викликами. Однією з головних проблем є вплив людської діяльності. Скиди забруднених стічних вод, утворених внаслідок промислової діяльності приводе до значного хімічного забруднення водойми. До складу таких вод входять нітрати, фосфати, важкі метали, нафтові продукти, хлорорганічні сполуки. Особливо небезпечні для біоти сполуки кадмію, свинцю,

ртуті та цинку, які мають кумулятивну токсичність і здатні накопичуватися у донних відкладах.

Найхарактернішим типом забруднення р.Самари є висока мінералізація її вод, яка безпосередньо пов'язана зі скидами високомінералізованих шахтних вод з підприємств Донецької області та ДХК «Павлоградугілля» [38]. Найбільше навантаження йде через балки Косьмінна та Свідовок, які слугують каналами скиду. Рівень мінералізації води на різних ділянках річки становить від 1790 до 3936 мг/дм³. Також фіксується підвищений вміст хлоридів (240–783 мг/дм³) та сульфатів (652–1590 мг/дм³), що значно перевищує санітарні норми. По всій течії річки реєструються високі значення хімічного споживання кисню (ХСК), що свідчить про наявність органічного забруднення. У воді виявлено надлишок таких елементів, як залізо, марганець, нікель, кобальт, кадмій, а також нафтопродукти та завислі речовини. У деяких створах фіксується підвищений вміст нітритів і амонію [43].

Забруднення річки має серйозний вплив на її екосистему: зменшується біорізноманіття, зникають окремі види риб, водні організми гинуть або накопичують у собі небезпечні речовини. Опираючись на результати дослідження Волошиної О.Ю., Шарамко Т.С., Журавльова Д.В. та Єсіпової Н.Б., які вивчали вміст важких металів у воді річки Самара та сусідніх ділянок, можна зробити конкретний висновок про забруднення вод свинцем, нікелем, цинком, залізом. Рівень міді перевищував гранично-допустимі показники у 7 разів, цинку-вдвічі, нікель у 2,3 рази. А от концентрація кадмію і міді знизилась, що, можливо, пов'язано зі зменшенням скидів або зміною умов. Але одночасно зросли показники свинцю та цинку, тобто проблема лишається. У Самарській затоці через слабку проточність і мілководдя усе «застоюється», вода «цвіте», а в донних відкладах накопичується просто шалена кількість металів. Наприклад, цинку - майже 23 мг/кг, заліза - 886 мг/кг, в певних умовах ці метали можуть знову переходити у воду, тобто загроза постійна. Донні відклади, з одного боку, ніби «зберігають» ці забрудники, зменшуючи їх у воді. Але з іншого - це все може повернутись назад у воду. Тобто такий ефект тимчасовий [44].

2.3 Основні джерела питної води в м. Підгородне

У м.Підгородному, як і в багатьох невеликих містах України, для забезпечення населення питною водою використовують кілька різних джерел. Найпоширенішим з них є централізоване водопостачання, яке обслуговується місцевим комунальним підприємством. Вода подається із свердловин, які пробурені на значні глибини, тому вважається, що вона досить чиста й стабільна за хімічним складом. Але важливим чинником при оцінці якості води, залишається наявність забруднення поверхневих та підземних вод [45]. Контроль за якістю яких повинен відбуватись відповідно до вимог ДСанПіНу 2.2.4-171-10, на даний момент часу за територіальним розташуванням міста, поверхневі та підземні води мають високий ступінь забруднення та за екологічною оцінкою якості води, вона є шкідливою для вживання (рис.2.8) [27,46,47].

Тому дуже важливим є достатнє очищення стічних вод, утворених внаслідок господарсько-побутової діяльності, перед скидом та застосування методів очистки джерел води, в розрахунку на подальше користування джерелами як для пиття, так і для купання [48].



Рисунок 2.8 - Карта екологічної оцінки забрудненості поверхневих вод на території Дніпропетровської області [47]

Проте, варто зазначити, що не всі жителі міста користуються саме цією системою. У приватних будинках, або там де немає технічної можливості підключення до централізованої мережі, часто використовують власні джерела. Це можуть бути як колодязі, так і свердловини. Така вода, зазвичай, не проходить централізованого очищення, тому люди самостійно встановлюють фільтри або інші системи для покращення її якості.

За даними обласного центру контролю хвороб, були випадки, коли в приватних колодязях фіксували підвищений вміст нітратів. Причиною цього є сільськогосподарська діяльність, яка є активною як на території міста, так і у сільських населених пунктах, що знаходяться у складі територіальної громади. Цілком можливо, що більша частина населення навіть не думають про забруднення води нітратами у їх колодязях, оскільки зрозуміти це візуально практично не можливо, бо вміст нітратів у воді не проявляється через різкі фактори кольору, запаху та смаку.

Активне ведення землеробства; використання пестицидів та добрив; не правильне зберігання гною та інших відходів, утворених внаслідок життєдіяльності тварин; погано налаштована система каналізації, а десь взагалі її відсутність; використання вигрібних ям для злиття стоків призводять до прямого потрапляння забруднюючих речовин у ґрунтові води, які потім споживаються мешканцями. Для колодязної води характерним також є високий рівень її жорсткості, через значний вміст мінеральних солей, внаслідок чого може утворюватися накип у трубопроводі, який провели для користування сантехнікою, а також на посуді. Довготривале постійне вживання жорсткої води з часом може призвести до появи піску та каменів у нирках споживача, закупорювання судин через високий вміст солей у воді. Через всі ці чинники дуже важливо, щоб домогосподарі час від часу здавали воду на аналіз та використовувати наявні способи очищення води, особливо якщо її п'ють діти [49].

Окрему нішу займає бутильована вода. Її замовляють як у домівки, так і в школи, офіси, магазини - скрізь, де є потреба у гарантійно безпечній воді. Часто така вода використовується саме для пиття та приготування їжі, тоді як технічні

потреби покриваються з інших джерел. Загалом, бутильована вода відрізняється тим, що її зазвичай добре очищають і контролюють за якістю, вона не містить хлору, в порівнянні з централізованою водою. Вона є більш зручною, тому що її не потрібно додатково очищати або кип'ятити перед використанням. Але варто врахувати і мінуси, такі як вартість, пластик, зберігання і транспортування (якщо саме мова про бутлі 10-20л). Більшість населення міста все ж таки користується саме водою з власних колодязів чи свердловин, споживаючи частіше її без попереднього очищення і підготовки, тому важливою залишається необхідність посиленого контролю за якістю водойм [50].

3 ПОКАЗНИКИ СТАНУ ПИТНОЇ ВОДИ З ТОЧОК ВІДБОРУ НА ТЕРИТОРІЇ ОБ'ЄКТУ ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1 Основні забруднювачі питної води

На якість джерел поверхневих і підземних вод впливають різноманітні види діяльності, які загалом поділяються на два класи – природні та антропогенні. Серед природних факторів відрізняють вивітрювання корисних порід, атмосферні процеси пов'язані з випаровуванням, осадження пилу, солей вітром, стихійні лиха (повені), між водоносне змішування холодної та гарячої води, інфільтрація через рослинність болота та ґрунт. Антропогенні фактори включають в себе надмірну експлуатацію, сільськогосподарських стік, скидання неочищених побутових, комунальних і промислових стічних вод, евтрофікацію, солоність, тверді та небезпечні побутові та промислові відходи. Якість поверхневих і підземних вод значною мірою залежить від факторів, складові яких можуть бути такими:

1. Ca^{2+} , Mg^{2+} , HCO_3 , які зумовлюють жорсткість води;
2. Осадження NO_3 в атмосфері;
3. Na^+ , K^+ у підземних водах, з гранітних порід;
4. Хлориди з природних джерел (дош), розчинення рідинних включень;
5. Порушення прибережної рослинності, що призводить до збільшення наносів в річках, каламутності;
6. Фтор, миш'як та інші метали з гірських порід та вимивання ґрунтових вод;
7. Патогенні мікроорганізми внаслідок сільськогосподарських стоків, випасу худоби, дренажних шахт, міських промислових та побутових стоків;
8. Зважені тверді речовини з сільськогосподарських та міських стоків, вимивання забрудненого ґрунту та точкових скидів забрудненою води з промислових або очисних споруд;

9.Клімат: характер, інтенсивність та тривалість опадів, температура, інтенсивність та напрямок вітру;

Вода має в своєму складі компоненти, які можуть негативно впливати на її якість. Параметри води зазвичай поділяють на фізичні, хімічні та мікробіологічні (табл. 3.1) [11].

Таблиця 3.1 - Класифікація параметрів води

Фізичні	Хімічні	Мікробіологічні
pH , колір, запах, смак, каламутність, загальний вміст завислих речовин, загальна кількість розчинених твердих речовин, розчинені гази	Твердість, важкі метали, електропровідність, солоність	Бактерії, віруси, гельмінти тощо

Рівень pH є одним з найважливіших параметрів якості води. pH визначається як величина, обернена від'ємному логарифму концентрації іонів водню. Вуглекислий газ-бікарбонат - карбонатна рівновага контролює pH води. Збільшення концентрації вуглекислого газу знижує pH води, тоді як зниження концентрації вуглекислого газу викликає його підвищення. Логарифмічна шкала pH коливається від 0 (дуже кислий) до 14 (надзвичайно лужний). Шкала pH і pOH наведена на рисунку 3.1

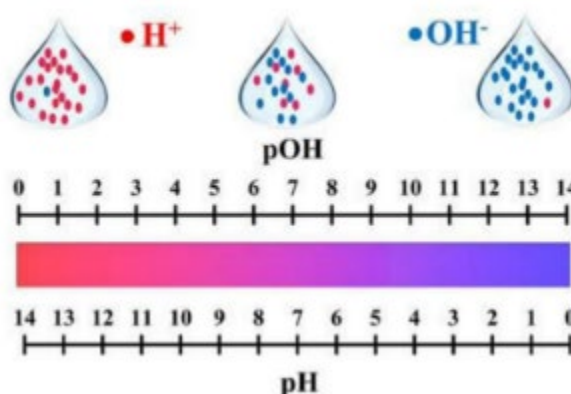


Рисунок 3.1 - Діапазони pH і pOH [11]

Існує два методи визначення pH . Перший - це калориметричний метод, для якого використовують деякі індикаторні розчини або іноді папірці. Іншим є

електрохімічний метод, для якого використовують електроди та мілівольтметр. Цей прилад відомий як *pH* – метр.

Людина здатна самостійно ідентифікувати якість води за кольором, смаком і запахом. Колір води - це головним чином естетичний аспект перевірки якості води. Про наявність у воді органічних речовин свідчить її колір (переважно гумінові кислоти). Кольорове забруднення водою спричинене барвниками, частинками ґрунту, металами, а іноді й цвітінням води. Пігмент *Cyanobacteria* і забарвлюють воду під час цвітіння. Вода стає коричневою, коли *Bacillariophyceae* створюють цвітіння. У водосховищах зрідка цвіте джгутиковий перідіум, забарвлюючи воду в червонувато-коричневий колір. Залізо та інші метали, будь то природні домішки або корозійні матеріали, також значно впливають на колір. Смак і запах питної води можуть свідчити про забруднення або проблеми з очищенням. За смаком води можна виявити тип наявного забруднювача: солоний (хлорид натрію), кислий (соляна кислота), солодкий (сахароза) і гіркий - усі вони сприймаються людиною. Відносно прості сполуки створюють кислий і солоний смак. Солодкий і гіркий смак, навпаки, утворюються складними органічними речовинами. На аромат і смак води можуть впливати мікробні, хімічні та фізичні елементи. Запах виникає в результаті розкладання органічних речовин. Окрім цього, деякі методи обробки води також можуть спричинити неприємний смак і запах; наприклад, неправильне хлорування може утворювати трихлорамін, який має неприємний запах і смак. Крім того, смак і запах можуть погіршитися через активність мікробів під час зберігання та розповсюдження. Запах сірки або тухлих яєць виникає через сірководень, що зустрічається в природі. Бактерії можуть генерувати пліснявий, затхлий, землистий, трав'яний або рибний запах. Вода може мати солоний смак через високі концентрації природного натрію, магнію або калію [11].

Після дощів у річках, водосховищах, озерах тощо з'являється коричневе помутніння, що є результатом перенесення дощовою водою зважених речовин. Частинки розміром понад 2 мм відносяться до загальної кількості завислих речовин. Незважаючи на те, що неорганічні компоненти складають основну частину загальної кількості завислих речовин, водорості та планктон також

включені до їх числа. Каламутність змінює розчинений у воді кисень, що перешкоджає фотосинтезу, знижує прозорість води для пропускання світла. Концентрації твердих зв'язаних речовин також можуть збільшуватися через органічні частинки, що утворюються під час розкладання об'єктів. Коли з джерела надходить каламутна вода, вона впливає на очисні споруди, закриваючи очисні установки. Підвищена каламутність очищеної води свідчить про неефективність очисних установок, наприклад фільтрів [11].

Вода, проходячи через атмосферу та водозбір поглинає різні гази, такі як метан, сірководень та вуглекислий газ, залежно від джерел цих газів, зокрема у водозбірному басейну. Хоча поглинання цих газів має обмежений вплив на фізико-хімічні характеристики, видалення їх з води є необхідною умовою належної підтримки якості води. Рівень вуглекислого газу у поверхневих водах зазвичай невеликий і коливається від 0 до 2 мг/л. Концентрація у підземних водах часто вища, ніж у поверхневих. Надто високий рівень вуглекислого газу у воді (понад 5-15 мг/л) може спричинити такі проблеми: вода стає кислою, що робить її корозійною; залізо залишається в розчиненій формі, що ускладнює його видалення; при проведенні пом'якшення води вапном вступає в реакцію з вуглекислим газом, через що збільшує час необхідний для реакції. Сірководень, який здебільшого міститься в підземних водах, може утворюватися через бактерії, що відновлюють залізо або сірку, у колодязі. Він відповідає за запах тухлих яєць, який іноді зустрічається в підземних водах. Якщо у воді присутні навіть невеликі рівні вмісту сірководню, виникають такі серйозні проблеми: хлор для дезінфекції води стає менш ефективним, корозія різних елементів системи водопостачання (труби, резервуари для води. Метан міститься у водоносних горизонтах навколо родовищ природного газу. Смак часнику може бути присутнім у воді через високий вміст метану. Джерела поверхневих вод, що отримують стічні води також можуть містити розчинений сірководень. Сірководень дуже слабо розчинний у воді, має низьку температуру кипіння і легко випаровується [11].

Основний вплив іонів. Іони кальцію та магнію викликають жорсткість води. Тимчасова (карбонатна) і постійна (некарбонатна) твердість - це два типи

жорсткості. Твердість можна далі поділити на м'яку, помірну, тверду, дуже тверду та надзвичайно тверду. Натрій не є гострим токсичним іоном при нормальному рівні його вмісту. Однак задокументовано гострі ефекти через випадкове передозування. Надмірне споживання натрію може загострити хронічні серцеві захворювання. Натрій впливає на смак води у кількості понад 200 мг/л. Концентрація калію в природних прісних водах зазвичай низька (<10 мг/л). Іони калію добре розчинні і необхідні для виживання більшості живих істот. Рівень калію в питній воді зазвичай помірний і не становить ризику для здоров'я. Калій і сіль є електролітами, які підтримують об'єм рідини та крові в організмі людини, що забезпечує належне функціонування. Калій можна визначити за допомогою атомно-абсорбційної спектрофотометрії з прямою аспірацією полум'яної атомно-абсорбційної спектрометрії та атомно-емісійної спектрометрії з індуктивною зв'язаною плазмою. Хлориди без впливу забруднення становить менше 10 мг/л, але якщо вміст перевищує граничне значення, він призводить до підвищення електропровідності, тим самим спонукаючи розвиток корозії. Також певний вплив має підвищений вміст нітратів, сульфатів та фторидів, важких металів. Серед важких металів хром, ртуть, миш'як, нікель, мідь, кобальт, кадмій, селен і свинець є дуже шкідливими для здоров'я (високий тиск, порушення роботи нирок, захворювання печінки, порушення роботи шлунково-кишкового тракту).

Мікроорганізми, що викликають занепокоєння у якості води класифікуються як бактерії, віруси, гельмінти. Мікробне забруднення є однією з найважливіших змінних, що впливають на якість води. Багато мікробіологічних забруднень присутні у воді, що використовується для пиття. Наявність фекальних форм/кишкової палички у воді вказує на забруднення через відходи утворенні внаслідок процесів життєдіяльності людини або тварин.

Бактерії є одноклітинними мікроорганізмами і вважаються першими організмами, знайденими на Землі. Бактерії можна знайти у воді, ґрунті, флорі, фауні і навіть радіоактивних відходах. Бактерії можуть бути корисними та шкідливими, допомагати різним формам життя, включаючи рослини та тварин [11].

Віруси містять різні молекули, що складаються з генетичних матеріалів, яким для виживання потрібен господар. На відміну від бактерій, віруси не входять до нормальної мікрофлори кишкового тракту і виділяються тільки інфікованими особами. Однак концентрація, що виділяється, зазвичай на кілька порядків нижча, ніж у кишкової палички.

Гельмінти (від. грецького «черв'як»), вони відносяться до всіх форм глистів, як вільно існуючих так і паразитичних. Яйцеклітини гельмінтів будуть присутні у фекаліях інфікованих осіб. Яйцеклітини в забрудненій воді потрапляють в організм, вилуплюються і стають личинковими хробаками. Потім глисти можуть проникати в різні системи органів, викликаючи інфекцію [11].

3.2 Порівняння результатів аналізів якості питної води з різних джерел

Для моніторингу якості води насамперед необхідно проводити аналіз її складу, контролювати таким чином наявність забруднюючих речовин та безпосередньо значення їх кількості, для методом відбору проб. На території Підгородненської територіальної громади кожен рік, відповідно до програми досліджень моніторингу об'єктів навколишнього середовища, проводять вібдір проб води, за результатами яких можна зробити висновки щодо якості питної води [46, 51].

Станом на 2022 рік було проведено відбори проб води з 9 джерел, перевищення нормативних значень були зареєстровані на кожному з них. Результати відбору проб води з першого джерела показали вміст у воді підвищеної загальної жорсткості (перевищення на $4,5 \text{ ммоль/дм}^3$), забарвленості (на 10,5 % більше), перманганатної окиснюваності (на $10,5 \text{ мг O}_2/\text{дм}^3$ більше ГДК) та перевищення вмісту сухого залишку на $247,0 \text{ мг/дм}^3$. За другим зареєстровано

перевищення загальної жорсткості на 23 ммоль/дм³ та сухого залишку на 635, 5 мг/дм³. За трьома джерелами було виявлено вміст загальних колі форм, хоча вони мають бути відсутні. Серед яких значення були відповідно: 182, 28, 136 КУО/100см³. Також були зафіксовані перевищення вмісту хлоридів з трьох джерел, на 155 мг/дм³, 105 мг/дм³, 40 мг/дм³ більше. За результатами одного з джерел було виявлено перевищення балів запаху при 20 та 60 °С та присмаку (на 1 бал), вода була каламутною – 2,4 мг/дм³, перевищення вмісту сухого залишку на 94 мг/дм³ та на 3,5 ммоль/дм³ загальної жорсткості більше за ГДК (таблиця 3.2).

Таблиця 3.2 – Результати відбору проб води з різних джерел ОТГ, м.Підгородне за 2022 рік (ДОДАТОК А)

Показник	ГДК	Адреса джерела								
		м. Підгородне, вул. Дніпровська, 22	м. Підгородне, вул. Кобзарська, 185	м. Підгородне, вул. Лебедина, 67	м. Підгородне, вул. Крайня	м. Підгородне, КЗ “Південнукеологія”, на розі вул. Геологів та вул. Шосейна	м. Підгородне, ОСББ “Світанок”	м. Підгородне, вул. Лебедина	м. Підгородне, вул. Дніпровська	с. Спаське, вул. Козинця, 74
Забарвленість	≤35 %	46,5 %	-	-	-	-	-	-	-	-
Перманганатна окиснюваність	≤ 5 мг O ₂ / дм ³	15,2	-	13,6	-	-	-	-	-	-
Загальна жорсткість	≤ 10 ммоль/ дм ³	14,5	23,0	25,5	10,5	13,5	16,5	-	-	-
Сухий залишок	≤1500 мг/дм ³	1747,0	2135,5	2375,5	-	1594,0	1888,5	-	-	-
Хлориди	≤250 мг/дм ³	-	-	405,0	-	355,0	290,0	-	-	-
Запах при 20°C	≤2,0	-	-	-	-	3,0	-	-	-	-
Запах при 60°C	≤2,0	-	-	-	-	3,0	-	-	-	-
Присмак	≤2,0	-	-	-	-	3,0	-	-	-	-
Каламутність	-	-	-	-	-	2,4	-	-	-	-
Загальні колі форми (ЗКФ)	відсутні	-	-	-	-	-	-	182 КУО/ 100см ³	28 КУО/ 100см ³	136 КУО/ 100см ³

У 2023 році згідно з результатами досліджень води на території ОТГ, м.Підгородне, зафіксовані наступні перевищення допустимих показників. За адресою ОСББ «Світанок», м. Підгородне значення забарвленості перевищувало

норму на $15,5^{\circ}$; значення загальної жорсткості $>$ на $5,5$ моль/дм³; вміст хлоридів на $15,0$ мг/дм³; сухого залишку – на $587,5$ мг/дм³ більше за норму. За адресою КЗ «Південукргеологія», м. Підгородне: перевищення запаху при 20°C : на 1 бал; забарвленості на $36,4^{\circ}$ (норма $\leq 20^{\circ}$); каламутності на $2,622$ мг/дм³; вміст хлоридів: на 120 мг/дм³; сухий залишок на $528,5$ мг/дм³ більше за норму. Місто Підгородне, вул. Лебедина, 67: перевищення перманганатної окиснюваності: на $0,12$ мгО/дм³, амонію: на $1,68$ мг/дм³ більше, загальна жорсткість: на $9,0$ моль/дм³, хлориди: на $65,0$ мг/дм³ та сухий залишок: на $248,0$ мг/дм³ більший. Також були відібрані проби води з джерел у селах, які знаходяться на території Підгородненської територіальної громади. У с. Спаське на вулиці Козинця, 74 б за результатами відбору проб виявлено підвищену забарвленість (на $5,5^{\circ}$ більше за норму), загальну жорсткість (на 4 моль/дм³), загальне мікробне забруднення (на $46,8$ КУО/100 см³ за норму). У с. Дмитрівка на вулиці Центральна, 34а: забарвленість вища на $15,2^{\circ}$; загальна жорсткість на $9,0$ моль/дм³; ЗКЧ на $68,7$ КУО/100 см³. У с. Хуторо-Губиниха на вулиці Садова, 5: забарвленість вище на $4,7^{\circ}$ за норму $\leq 35^{\circ}$; загальна жорсткість на $11,0$ моль/дм³; сухий залишок: на $193,0$ мг/дм³ та ЗКЧ: на $22,8$ КУО/100 см³ більші за норму.

У 2024 році було забрано проби води лише з трьох джерел. Результати відбору проб показали, що основні перевищення зафіксовані за показником жорсткості (за першим джерелом перевищення на $4,8$ ммоль/дм³, за другим на $10,2$ ммоль/дм³, за третім на $11,4$), підвищений вміст марганцю (3-тє: на $0,2$ мг/дм³), хлоридів (за першим джерелом перевищення на 94 мг/дм³, за третім на 41 мг/дм³), фторидів (на $1,04$ мг/дм³-перше джерело, на $0,4$ мг/дм³-друге джерело, на $0,54$ мг/дм³-третє) та сухого залишку (з 1-го джерела на 966 мг/дм³ вище за допустиме значення, з 2-го на 588 мг/дм³, з 3-го на 693 мг/дм³ більше). Значення за 2023-24 роки зафіксовані в таблицях 3.3 та 3.4.

Таблиця 3.3– Результати відбору проб води з різних джерел Підгородненської ОТГ за 2024 рік (ДОДАТОК Б)

Показник	ГДК	Місце відбору		
		вул. Щаслива 1	вул. Партизанська 103	вул. <u>Литвишка</u> 25
Жорсткість	≤ 10	14,8	20,2	21,4
Марганець	≤ 0,5	-	-	0,711
Хлориди	≤ 350	444,0	-	391,0
<u>Фториди</u>	≤ 1,5	2,54	1,9	2,04
Сухий залишок	≤ 1500	2466,0	2088,0	2193,0

Таблиця 3.4 – Результати відбору проб води з різних джерел Підгородненської ОТГ за 2023 рік (ДОДАТОК В)

Місце відбору	Показник	Значення	Нормативне значення
1	2	3	4
ОСББ "Світанок", м. Підгородне, вул. <u>Робоча</u>	Забарвленість	35,3 °	≤ 20°
	Загальна жорсткість	15,5 моль/дм³	≤ 10,0 моль/дм³
	Хлориди	265,0 мг/ дм³	≤ 250 мг/дм³
	Сухий залишок	1587,5 мг/ дм³	≤ 1000,0 мг/ дм³
КЗ "Підземна геологія" м. Підгородне на розі вул. Шосейна та вул. Геологів	Запах при 20°C	3 бали	≤ 2 бали
	Забарвленість	56,4°	≤ 20°
	Каламутність	4,13 мг/ дм³	≤ 1,508 мг/ дм³
	Хлориди	370,0 мг/ дм³	≤ 250 мг/ дм³
м. Підгородне, вул. Лебедина, 67	Сухий залишок	1528,5 мг/ дм³	≤ 1000,0 мг/ дм³
	Забарвленість	49,2°	≤ 35°
	<u>Перманганатна окиснюваність</u>	5,12 <u>мгО/ дм³</u>	≤ 5,0 <u>мгО/ дм³</u>
	Амоній	4,28 мг/ дм³	≤ 2,6 мг/ дм³
	Загальна жорсткість	19,0 моль/дм³	≤ 10,0 моль/дм³
	Хлориди	415,0 мг/дм³	≤ 350 мг/дм³
м. Підгородне, вул. Лебедина, 67	Сухий залишок	≤ 1748,0 мг/ дм³	≤ 1500,0 мг/ дм³
	Забарвленість	50,2°	≤ 35°
	Загальна жорсткість	13,5 моль/дм³	≤ 7,0 моль/дм³
	ЗКЧ	53,1 КУО/100 см³	≤ 1,0 КУО/100 см³
с. <u>Спаське</u> , вул. Козинця, 746	Забарвленість	40,5°	≤ 35°
	Загальна жорсткість	11,0 моль/дм³	≤ 7,0 моль/дм³
	ЗКЧ	47,8 КУО/100 см³	≤ 1,0 КУО/100 см³
с. <u>Дмитрівка</u> , вул. Центральна, 34а	Забарвленість	50,2°	≤ 35°
	Загальна жорсткість	16,0 моль/дм³	≤ 7,0 моль/дм³
	ЗКЧ	69,7 КУО/100 см³	≤ 1,0 КУО/100 см³
с. <u>Хутора-Губиниха</u> , вул. Садова, 5	Забарвленість	39,7°	≤ 35°
	Загальна жорсткість	18,0 моль/дм³	≤ 7,0 моль/дм³
	Сухий залишок	≤ 1693,0 мг/ дм³	≤ 1500,0 мг/ дм³
	ЗКЧ	23,8 КУО/100 см³	≤ 1,0 КУО/100 см³

Порівнюючи значення сухого залишку в воді за адресою вулиця Партизанська 103, ОСББ «Світанок» між роками, можна зробити висновок про підвищення показника. Між 2022 та 2023 роком значення знизилось з 1888,5

мг/дм³ до 1528,5 мг/дм³, але в 2024 році значення більше ніж в ці два роки і становить 2088,0 мг/дм³. За іншими адресами відбори робились по одному разу за ці три роки, при порівнянні середніх значень сухого залишку між роками доходимо до висновку, що значення у 2024 році набуває тенденцію до зростання відносно до 2022 та 2023. Відповідно значення у 2023 (1639,25 мг/дм³) є меншим ніж у 2022 (1948,1 мг/дм³), але у 2024 значення значно більше 2249,0 мг/дм³, що в свою чергу перевищує допустиме на 749 мг/дм³, при допустимому значення 1500 мг/дм³ [51]. Присутність сухого залишку у воді, а тим більше його підвищене значення вказує на загальну мінералізацію, отже в воді накопичено багато розчинених солей, мінералів, органічних речовин, які залишаються після повного випаровування при 105°C. Хоча цей показник і не є показником забруднення, але він є індикатором того, що вода явно перенасичена різними солями [52].

Рівень загальної жорсткості в середньому по всіх джерелах забору проб води з роками також збільшувався. Таким чином станом на 2024 рік середнє значення складало 18,8 ммоль/дм³, при тому що значення у 2023 склало 15,5 ммоль/дм³, а у 2022 17,3 ммоль/дм³. Жорсткість води вказує на вміст у воді солей кальцію та магнію, через які утворюється накип. Перевищення допустимого значення потенційно має вплив на здоров'я людини. За ДСанПіН 2.2.4-171-10 норматив жорсткості води не більше 10 ммоль/дм³ для води з колодязів та каптажів джерел [51]. Оскільки цей показник перевищується, підземне джерело є надмірно мінералізоване, причиною чого може бути неправильне очищення води. Хоча жорстка вода і не є токсичною, але для людей з захворюваннями нирок, немовлят або людей із проблемами серцево-судинної системи постійне вживання такої води може спричинити утворення каменів у нирках або загалом погіршенню обміну речовин. Необхідно застосовувати методи пом'якшення води, встановлення іонообмінних фільтрів чи системи зворотного осмосу [52, 53].

Середнє значення вмісту хлоридів у водах різних джерел станом на 2022 та 2023 роки було однаковим і складало 350 мг/дм³, а у 2024 році збільшилось до 417,5 мг/дм³, яке перевищує гранично допустиме (≤ 250 мг/дм³) на 100 мг/дм³

та 167,5 мг/дм³ відповідно [46]. Невелика кількість хлоридів є цілком нормальною, але наявне перевищення є показником антропогенного забруднення або високої мінералізації. Перевищення допустимого значення вмісту хлоридів також не вказує на її токсичність, але погіршує її органолептичні властивості, вода стає солонуватою на присмак. Надлишок хлоридів може виникати через скид господарсько-побутових вод або ж з промислових підприємств та через засолення ґрунтів. Хлориди є шкідливими для здоров'я тільки при постійному вживанні води з їх високим вмістом, що в своє чергу є причиною порушення водно-сольового обміну, подразнення слизової оболонки кишкового тракту, підвищення тиску. Для зменшення вмісту хлоридів необхідно використовувати зворотний осмос, електродіаліз чи дистиляцію [54, 55].

Результати відбору проб води 2024 року показали підвищений вміст марганцю- 0,711 мг/дм³ при нормі $\leq 0,5$ мг/дм³, та фторидів у воді в середньому 2,16 мг/дм³ при нормі ≤ 1 мг/дм³ [46]. Підвищений вміст марганцю скоріш за все спричинений тим, що у артезіанських свердловинах відсутній контакт води з киснем, тому марганець залишається у розчиненій формі. Характерними ознаками високого рівня марганцю є металевий присмак води, іноді при дуже великому вмісті може утворюватися чорнуватий осад [56]. Підвищений вміст фторидів у воді частіше за все виникає внаслідок дії природних геохімічних джерел, і лише в деяких випадках він може з'являтися через промислові викиди або добрива. Як марганець так і фториди, при їх малому використанні, не є шкідливими [57]. Але при постійному довготривалому вживанні води з підвищеним їх вмістом можливі неврологічні порушення, вплив на когнітивні функції (марганець) та флюороз – ураження зубної емалі, а при дуже високому вмісті – ураження кісток, щитоподібної залози та нервової системи (фториди). Для зниження рівня марганцю та фторидів необхідно застосовувати аерацію з фільтруванням, контактне окислення, зворотний осмос та адсорбційні фільтри, коагуляцію вапном відповідно [56, 57].

Оскільки у 2024 році не було проведено відбір і аналіз проб води з деяких наявних джерел минулих років, теперішній стан їх не є відомим, але за показниками минулих років можна зробити висновок що наявними є також перевищення рівня загального мікробіологічного забруднення та в деяких місцях відбору – перманганатної окиснюваності, каламутності та забарвлення (ДОДАТОК А,В).

Для порівняльного аналізу змін якості питної води у місті за розглянутий період 2022-2024 рр. проведено розрахунок середніх арифметичних значень зафіксованих концентрацій основних показників за всіма точками відбору проб. Отримані дані наведено в таблиці 3.5 та на рисунку 3.2.

Таблиця 3.5 – Узагальнена таблиця показників якості води в період 2022-2024 рр.

Показник	ГДК	2022 р. (сер.)	2023 р. (сер.)	2024 р. (сер.)
Сухий залишок (мг/дм ³)	≤ 1500	~1948,1	~1639,25	~2249,0
Загальна жорсткість (ммоль/дм ³)	≤ 10	~17,3	~15,5	~18,8
Хлориди (мг/дм ³)	≤ 250	~350	~350	~417,5
Перманганатна окиснюваність (мгО ₂ /дм ³)	≤ 5	~13	~5	немає даних
Забарвленість (градуси)	≤ 35	~46	~36	немає даних
Марганець (мг/дм ³)	≤ 0,5	-	-	0,711
Фториди (мг/дм ³)	≤ 1,5	-	-	~2,16
Загальні коліформи (КУО/100см ³)	відсутнє	виявлено	виявлено	-

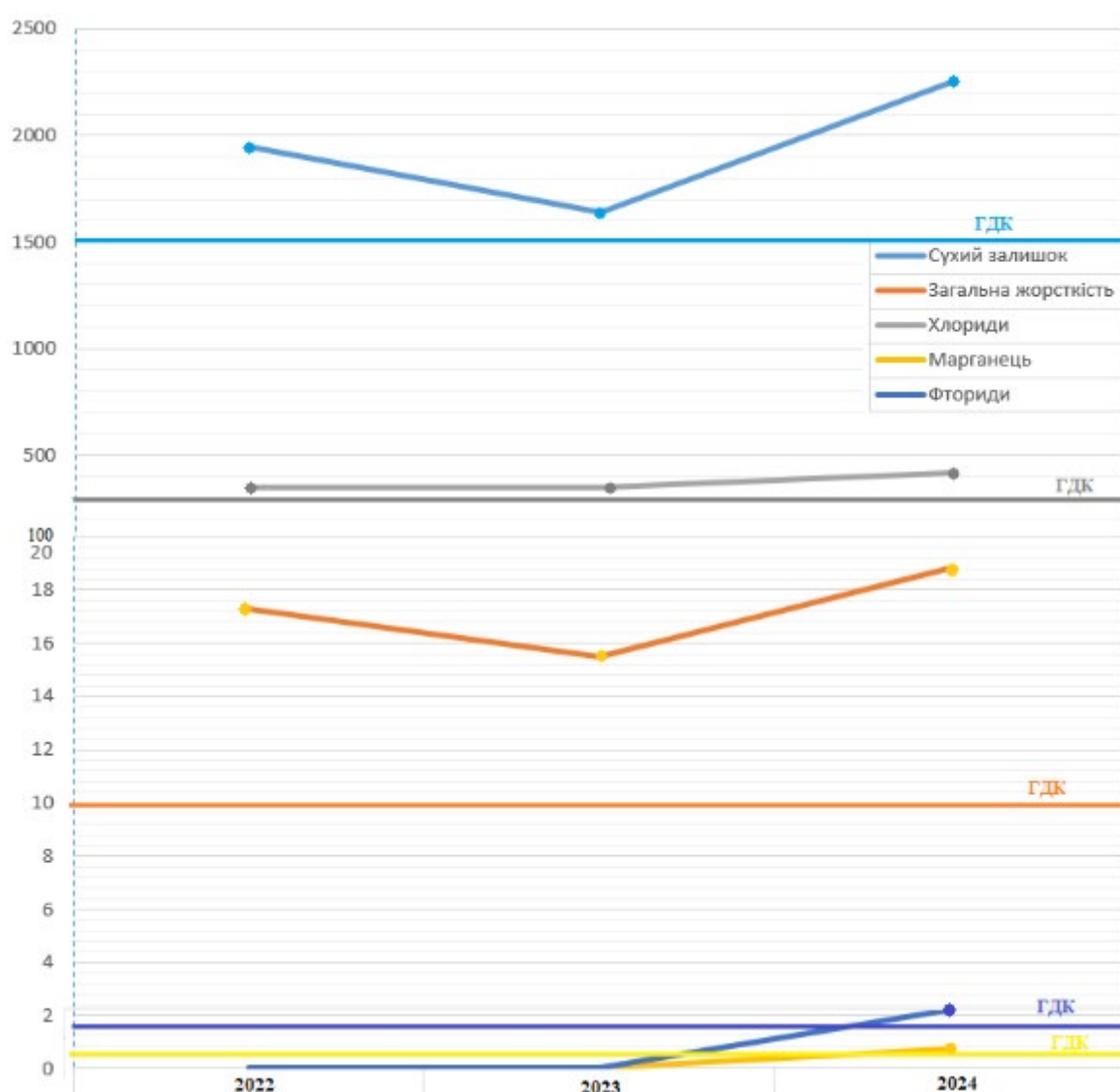


Рисунок 3.2 – Графік динаміки основних показників якості води за 2022-2024 рр.

За результатами порівняльного аналізу видно, що показник сухого залишку у 2024 році значно підвищився порівняно з 2023, а у 2023 значно зменшився порівняно з 2022 роком. Така сама ситуація склалась і з показником рівня загальної жорсткості. Вміст хлоридів залишався незмінним у 2022 та 2023 роках, але зріс у 2024. Також у 2024 році зафіксовано перевищення за вмістом марганцю та хлоридів.

4 ВПРОВАДЖЕННЯ ЗАХОДІВ ВОДОПІДГОТОВКИ ПИТНОЇ ВОДИ

4.1 Принципи водопідготовки та очищення питної води

Щоб зменшити можливість виникнення ризиків захворювань населення та підтримувати безпеку в екологічній сфері необхідно проводити відповідно підготовку води перед тим як здійснювати її постачання як в державні установи, так і в багатоквартирні будинки та інші споживчі споруди, підготовка води полягає у її очищенні. Тобто однією з головних задач, для задоволення потреб населення у воді відповідної якості, є виконання обов'язків щодо дотримання встановлених гігієнічних правил і вимог органами місцевого самоврядування, виконавчої влади та підприємств, діяльність яких пов'язана з водою. Результатом чого є епідеміно та радіоційно безпечна та сприятлива га органолептичними властивостями та хімічним складом вода. Саме це питання - покращення методів водопідготовки в досліджуваному населеному пункті - нагальне, через наявну невідповідність хімічного складу води за встановленими значеннями різних показників [46].

Підготовка питної води включає в себе застосування технічних рішень, які є комплексом коагуляційних, фільтраційних та знезаражувальних процесів. Зазвичай, очищення води проводять через обробку в два етапи. Спочатку вода подається в насосну станцію 1-ого підйому, потім потрапляє до змішувача та проходить обробку через відстійники, камери рекреації та фільтри, перед постачанням вона потрапляє в підготовлені резервуари для чистої води. Один з важливих процесів при очистці води, це її знезараження, яке дозволяє знизити рівень загального вмісту мікроорганізмів та позбутися від патогенних організмів. Для знезараження використовують як реагентні так і безреагентні методи. Реагентні методи це зокрема озонування, хлорування, обробка солями важких

металів. Щоб не застосовувати реагенти, воду знезаражують через ультрафіолетове випромінювання, яке працює за рахунок ультразвуку та високих температур.

Хлорування води проводять у два етапи, один з яких відбувається перед змішувачем до введення коагулянту, а інший після фільтрів. В якості коагулянту вводять сірчаноокислий алюміній або ж гідрохлорид алюмінію для покращення, посилення та збільшення швидкості осідання забруднюючих речовин. В якості флокулянтів - феннопол та прайстол. Після додавання яких утворюються пластівці та осаджуються забруднюючі речовини. Етап, так званої, коагуляції-флокуляції це важливий етап очищення питної води, оскільки він впливає як на загальну якість очищеної води, так і на продуктивність наступних процесів очищення, зокрема мембранну фільтрацію або гранульовану фільтрацію активованим вугіллям.

Коагуляція-флокуляція дозволяє, принаймні частково, видаляти різні домішки, наприклад, знизити каламутність, яку спричиняють глинисті мінерали, клітини водоростей і ціанобактерій або природну органічну речовину, включно з гуміновими та органічну речовину водоростей.

Як результат, після процесу коагуляції - флокуляції, домішки захоплюються в утворені агрегати (флокули) та видаляються наступними процесами: седиментація, флотація та/або глибока фільтрація (пісок). У обробці води термін «коагуляція» зазвичай стосується дестабілізації частинок дозуванням коагулянтів, а флокуляція означає утворення більших агрегатів - також званих флокулами - досягнутих шляхом змішування. Коагуляцію (дестабілізацію) можна вважати фізико-хімічним процесом, вона пов'язана з міжчастинковими силами, які впливають із хімічних структур домішок і коагулянтів. Флокуляція (агрегація) ж є фізичним процесом, який охоплює зв'язок між кількістю частинок заданих розмірів, їх швидкістю зіткнення та ефективністю цих зіткнень. Проте у багатьох випадках коагуляція та флокуляція використовуються як взаємозамінні або разом як термін, що описує весь процес утворення суспензії в області очищення води, а використання термінів дестабілізація та агрегація є відносно рідкісним. Утворення пластівців - результат тяжіння міжмолекулярних та/або міжчастинкових сил (електростатичні сили та сили Вандер Вальса, водневі зв'язки або гідрофобні сили),

які зв'язують частинки. Тим не менш, ці сили залежать від відстані, і частинки повинні бути досить близько одна до одної. У стабільних системах цьому заважають сили відштовхування (подвійний електричний шар, стерична взаємодія або сили сольватації), що діють між частинками. Тому, щоб дозволити частинкам зблизитися (зіткнутися) і агрегувати (утворити пластівці), баланс у системі має бути відрегульований таким чином щоб сили притягання переважали. Для цього використовуються коагулянти. Іншою необхідною умовою для утворення пластівців (агрегації) є певна рушійна сила, яка забезпечує транспортування частинок і, отже, їх контакт (зіткнення). Цей рух частинок може відбуватися за допомогою різних транспортних механізмів, процес агрегації розрізняється наступним чином: перикінетична агрегація, що є результатом броунівського руху, ортокінетична - вертикальна агрегація керована силою тяжіння, і оротокетична - горизонтальна агрегація керована рухом/потокм води. Після проходження води через відстійники, вона потрапляє у швидкі фільтри для остаточного очищення. Кварцовий пісок, активоване вугілля та інші пористі матеріали використовують разом як завантажувальний матеріал на якому залишаються забруднені частинки з води. Після використання вторинного хлору вода вже надходить до резервуарів чистої води та подається насосами до мережі водопроводу. Газоподібний хлор використовується як дезінфектант. Разом з обладнанням хлорування використовують також альтернативні способи знезараження, такі як ультрафіолетове випромінювання та озонування питної води. Таким чином, вода проходить обробку протягом семи, восьми годин [58,59].

Отже, централізовані системи водопостачання мають досить складну та багаторівневу схему очищення води, але варто також зазначити що більша частина населення ще не мають доступу до такої води. Приватні будинки місцевості досі широко використовують колодязі, якість води в яких є не найкращою. Вона містить шкідливі мікроорганізми та інші хімічні домішки [45].

4.2 Вибір методів очищення для умов міста Підгородне

Так, як результати досліджень, проведених в рамках моніторингу якості води, довели, що вода за своїм складом не повністю відповідає встановленим показникам необхідно взяти за мету впровадження більш ефективних методів водопідготовки питної води. Як було встановлено раніше місто Підгородне забезпечене водою завдяки річці Кільчень, за результатами відбору проб зафіксувалась наявність мікробіологічного забруднення, каламутності, перманганатної окиснюваності підвищений вміст марганцю, фторидів, хлоридів, підвищеного рівня загальної жорсткості води та мінералізації, сухого залишку. Для вирішення наявних проблем зі складом води необхідно застосовувати методику комплексного підходу. Для підбору необхідного методу підготовки воду треба враховувати різні фактори, такі як природні, кліматичні, технічні, економічні та соціальні [60].

Раніше було зазначено, що клімат досліджуваної території характеризується теплим літом та холодною зимою. Через зниження температури води взимку відбувається значне сповільнення хімічних та біологічних реакцій. Внаслідок чого зростає потреба у довшому контакті коагулянтів з водою, ефективність коагуляції та флокуляції зменшується, через що в якості коагулянту краще використовувати гідрохлорид алюмінію, бо він ефективно працює у холодній воді. Зі зростанням температур активно розмножуються мікроорганізми та водорості, що викликає органічне навантаження на фільтри, тобто змінюється запах та смак води на гірший та зростає потреба в знезараженні на вищому рівні, тому більш доцільним для використання буде застосування активного УФ-опромінення або ж озонування. Через доволі невеликий рівень опадів та літнє випаровування з'являється як раз підвищена концентрація розчинених речовин у джерелах води та жорсткість з мінералізацією, це в свою чергу вимагає застосування додаткових методи, іонний обмін чи застосування мембранної фільтрації [27, 61].

Тип джерела постачання є також важливим фактором через який комплексно підходимо до здійснення поставленої мети. У м. Підгородне використовують як підземні так і поверхневі води. Підземні води, а саме артезіанські свердловини загалом можуть використовуватись без додаткового очищення. Але в нашому випадку все навпаки, через високий рівень вмісту марганцю та заліза виникає потреба у використанні установок знезалізення. Щодо поверхневих джерел то вони є мікробіологічно забрудненими, що і підсилюється внаслідок потепління, тому необхідно враховувати процеси коагуляції, фільтрації та знезараження.

Місто Підгородне доволі невелике, тому системи водопідготовки є обмеженими та застарілими. Звісно, повна реконструкція є доволі дорогим рішенням, але якщо впровадити сучасні методики доочищення питної води місцевої влади зможуть реалізувати вільний доступ мешканців до чистої питної води, яка відповідає встановленим показникам за нормативними документами, тим самим виконуючи свої обов'язки.

Наявне хлорування необхідно доповнити ультрафіолетовим знезараженням для покращення безпеки, а також замінити старі фільтри на нові, більш сучасні та зручні у заміні, використанні, тому потребується впровадження сучасних мобільно-модульних систем. Також їх використання дозволить відповідати економічними можливостями громади, модульні станції можна поступово розширювати. Тобто для відповідності обмеженим можливостям за різними чинниками необхідно шукати прості, надійна та економічно ефективні рішення [27, 61].

Також врахуємо фактори населення та структури споживання. Постійною характерною для міста особливістю є сезонне зростання мешканців влітку, тому що на території громади є дуже багато дачних ділянок та є місця для відпочивальників, а також території міста притаманна наявність дачних ділянок. Врахування потребує також внутрішнє переміщення осіб, через військові дії на території країни. Через перераховані фактори пікове навантаження на очисні споруди зростає, і тому вони потребують покращення. Необхідні проміжні резервуари або накопичувальні системи для компенсації навантажень, а також як і раніше зазначено використання модульних фільтраційних станцій. Щодо моніторингу якості питної води, загалом

великі коштовні вкладення для встановлення сенсорів не є необхідною вимогою, тому що територія є відносно невеликою, зафіксовані перевищення є на середньому рівні для вирішення яких достатньо провести модернізацію наявних методів, без повної заміни систем очищення води перед потраплянням до користувачів, тож збільшення кількості проб води, які відбираються є достатньою мірою для покращення моніторингу. Тому що станом на зараз помітно що, кількість відбору проб води з кожним роком зменшується. Це зовсім не доцільно в сучасних умовах.

Отже, проведені аналізи та дослідження засвідчують, що на даний момент методики та загалом система водопідготовки не повністю відповідає сучасним нормативним вимогам та потребам населення, вода з ріки Кільчень має цілий спектр забруднень, до чого ще й додаються чинники, які ускладнюють ситуацію. Тому потрібно застосовувати гнучкий та комплексний підхід, модернізувати системи водопідготовки за допомогою сучасних, адаптивних та енергоефективних систем [60].

4.3 Техніко-економічне обґрунтування впровадження фільтраційного обладнання Ecosoft

Враховуючи дослідженні чинники, які властиві громаді необхідно розпочати впроваджувати мобільно - модульні установки, які можна поступово інтегрувати в інфраструктуру. Ecosoft це український виробник, який пропонує ефективні сертифіковані рішення для очищення питної води, в нашому випадку це найкращий варіант для зниження показників за якими зафіксоване перевищення. Відповідно до норм ДБН В.2.3 – 74:2013, середнє добове споживання складає 50 – 150 літрів на добу, залежно від рівня благоустрою. Для міста Підгородне, з урахуванням умов громади, приймаємо мінімальний об'єм для пиття, приготування їжі та санітарії 50 л/добу. Проведемо розрахунок для визначення добової потреби у питній воді за наступною формулою [62]:

$$Q = N \cdot q, \quad (1)$$

де Q -добова потреба у питній воді;

N -кількість населення (19138 осіб);

q -питна норма (50 л/добу).

$$Q = 19138 \cdot 50 = 95690 \text{ л/добу} = 956,9 \text{ м}^3/\text{добу}.$$

Система Ecosoft Modul має продуктивність 200 м³/добу, тому для повного покриття потреб нам необхідно лише 5 установок. ($956,9 \text{ м}^3/\text{добу} / 200 \text{ м}^3/\text{добу} = 4,78 \approx 5$ шт). Це модульна автоматизована станція очищення води, яка розроблена спеціально для громад, невеликих міст та селищ. Вода через цю установку механічно очищається, видаляється пісок, глина та іржа з неї; частково знезалізується та пом'якшується, вуглецево фільтрується та знезаражується (рис. 4.1). Використання цієї системи є вигідним варіантом, тому що це значно дешевше аніж повна реконструкція очисних споруд, хоча і не замінює складні фільтри осмосу, які потребують багато енергії, тиску та спеціальних мембран. Цю систему ми беремо за основу, але в подальшому допрацюємо точкові, так би мовити, проблеми за допомогою фільтрів [49,63].

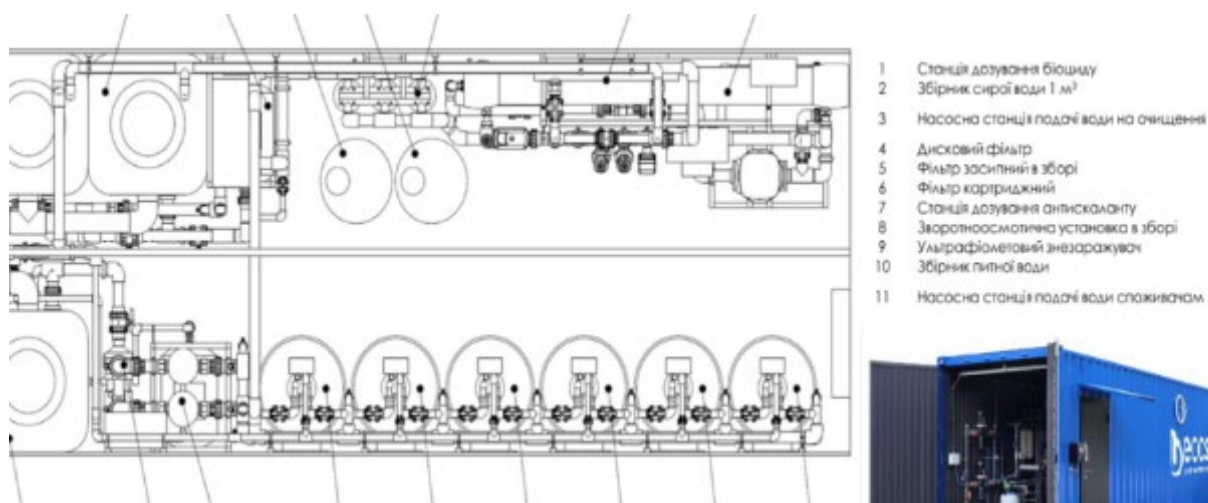


Рисунок 4.1 - Технологічна схема роботи мобільної водоочисної установки Modul [63]

Щодо використання фільтрів необхідно зауважити, що для більш економічно доцільної стратегії, очищати треба не всю воду, а ту яка використовується саме для потреб пов'язаних з харчуванням та питтям. Приблизно 20-30 % води використовується для цього, а решта в основному на технічну потреби, які не потребують найглибшого очищення. Отже для міста харчова добова норма складе:

$$Q = 956,9 \text{ м}^3/\text{добу} \cdot 30\% = 287 \text{ м}^3/\text{добу}.$$

На початку при планування заходів пов'язаних з необхідністю зниження надлишкової жорсткості води, видалення фторидів та хлоридів, усунення кольоровості, присмаку і забруднень органічного походження було розглянуто впровадження систем зворотного осмосу *Ecosoft Standard*. Ці фільтри видаляють понад 90 % розчинених речовин, проте в процесі детального техніко-економічного аналізу було встановлено, що для забезпечення водою навіть по точкових пунктах необхідна кількість доходила до 400 установок, вартість яких перевищувала 1 млн. гривень. Замість цього доцільним вирішено впровадити системи очищення, які ґрунтуються на базі фільтрів знезалізення, іонного обміну, активованого вугілля та УФ-знезараження для досягнення необхідної якості води з суттєво нижчими витратами та вищою надійністю [64].

Для видалення заліза та пом'якшення води потрібно використовувати фільтр Ecosoft FK1252C1M1XA, які має наступні характеристики:

- Продуктивність: 1,7–2,0 м³/год;
- Об'єм фільтрувального матеріалу: 50 л (Ecomix A);
- Тривалість регенерації: 80–110 хв;
- Енергоспоживання: 30 Вт;
- Габарити: 155 × 75 × 45 см;



Рисунок 4.1 - FK1252C1M1XA

Цей фільтр дозволяє ефективно видалити залізо, марганець, солі жорсткості, амоній та кольоровість води, А також завдяки клапану Clack WS1 CI автоматично керованому, обслуговування вимагає лише періодичного додавання таблетованої солі. На добу продуктивність дорівнюватиме $40,8 \text{ м}^3 (1,7 \cdot 24 \text{ год})$. За нормою 50л/добу він здатен обслуговувати до 816 осіб ($40800/50$). Тобто одного фільтра вистачить з великим запасом умовно на один точковий пункт, залежно від кількості людей у школі, лікарні, або державній установі тощо. Вартість одного фільтра в середньому становить 40 тис. гривень [49,63,64].

Для покращення смаку, запаху води та видалення органічних сполук, залишкового хлору та забарвленості при поверхневому джерелі можна використовувати фільтр з активованим вугіллям Ecosoft FPA1665CT зі змінними картриджами Ecosoft Carbon Filter. Його застосування необхідне через виявлену перманганатну окиснюваність, через органічне навантаження, тому потрібно додатково очищати воду від органіки. В середині фільтра високоякісне активоване вугілля з шкарлупи кокосу, яке поглинає органічні речовини та сорбує залишки хлору з покращенням смаку та запаху води. Даний фільтр встановлюється в одну лінію з попереднім. Оскільки це фільтр ми встановлюємо послідовно після Ecosoft FK1252C1M1XA об'єм 1 на пункт відповідатиме йому. Вартість одного фільтра в середньому становить 40 тис. гривень [64]. При виборі фільтра враховані були наступні характеристики:

- Продуктивність: $40,8 \text{ м}^3/\text{добу}$;
- Тип вугілля: гранульоване, високоякісне;
- Простий в обслуговуванні, змінна касета;
- Сумісний з системами типу FK.



Рисунок 4.2 -
Ecosoft FPA1665CT

Останнім у черзі комплексного очищення є

УФ-система знезараження *Ecosoft UV System*, для знищення бактерій, вірусів та інших мікроорганізмів без використання хімічних реагентів, технічні характеристики якого наступні:

- Модель: Ecosoft UV E – 360;
- Продуктивність: $1,5 \text{ м}^3/\text{год} = 36 \text{ м}^3/\text{добу}$;
- Потужність: 30 Вт;
- Матеріал корпусу: Нержавіюча сталь;
- Розміри: 550 × 75 мм;
- Безпечна для дітей, не змінює смак.



Рисунок 4.3 - *Ecosoft UV E – 360*

Дана система обслуговуватиме 720 осіб (36000/50) та покриває один пункт на 100 осіб з великим запасом. Вартість даної моделі в середньому становить 15 тис. гривень. Отже, разом на 1 пункт необхідно 95 тис гривень Загалом в залежності від необхідної кількості споживачів, які мають потребу в очищеній воді кількість точок може бути різною. З розрахунку великого запасу на 10 точок встановлення комплексної системи необхідно 950000 гривень для всієї громади.

Отже, для забезпечення жителів міста Підгородне чистою питною водою пропонується встановити сучасні обладнання українського виробника через модульну структуру, високу ефективність, доступну ціну на ринку, адаптованість до умов регіону та простоту обслуговування. Пропонується облаштувати окремі точки очищення у школах, лікарнях та інших важливих закладах. Нам потрібно лише 5 модулів і приблизно 10 точок фільтрації – цього цілком вистачить для задоволення потреб громади. Такий варіант дозволить доволі швидко, а головне ефективно досягнути поставленої мети без дорогих реконструкцій [64].

5 ВИЗНАЧЕННЯ НЕОБХІДНОГО СТУПЕНЮ ОЧИСТКИ МІСЬКИХ СТІЧНИХ ВОД

Каналізаційна мережа міста Підгородне станом на зараз охоплює саме центральну частину міста, система побудована переважно за самопливним принципом, але також використовуються деякі ділянки на яких для перекачування стоків встановленні насосні станції (ДОДАТОК Г, Д). Проте реалізація спроектованої системи трубопроводів для відведення води (ДОДАТОК Ж) знаходиться в активній фазі розвитку.

Каналізація влаштована таким чином, що стоки транспортуються у місто Самар та проходять очистку на території підприємства «КОМ СІТІ». Очисні споруди міста облаштовані таким чином, що включають лише етап механічної очистки (решітки для сміття, пісковловлювач, відстійники для мулу); зневоднення мулу (на майданчиках або з вивозом технікою), але біологічне очищення або відсутнє повністю, або здійснюється в обмеженому вигляді. Жодні дані не свідчать про етап біологічного очищення, тому точно встановити його наявність неможливо [65].

Стан ріки Самара є не задовільним, про це також свідчать і дані з Центру екологічного моніторингу (від 17.04.2025 року). За якими встановлення підвищений вміст розчиненого кисню (4,29 мг/л при нормі >4 мг/л), при цьому насичення киснем лише 55,1 %. Це значить, що в річці наявне забруднення органічними речовинами, а аераційна здатність водойми низька. Також було зафіксовано доволі високі значення електропровідності (1267 $\mu S/cm$), каламутності (16,5 NTU), виходячи з чого можна зробити висновок про наявність неорганічного навантаження [66].

Через те що вивід та очистка стічних вод наразі здійснюється в іншому місті без альтернативних гілок чи буферних очисних елементів, вся система працює під постійним навантаженням, що цілком може призводити до аварійних скидів,

локальних підтоплень та часткової або повної втрати контролю за якістю очищення. Тобто зараз у місті складається ситуація зі збільшенням обсягу стоків без змін в системі їх обробки. Тому для уникнення всіх можливих загроз необхідно запроєктувати та реалізувати локальні очисні споруди, щоб забезпечити перехоплення частини стоків та направлення їх на окрему лінію очищення.

Щоб реалізувати цю мету необхідно насамперед знайти земельну ділянку для облаштування системи очищення, яка відповідала б низці наявних вимог. За проведеними дослідженнями території було встановлено ділянку, на якій перепад висот дозволив би організувати самоплив стоків (ділянка має відмітки рівня землі над рівнем моря 56-58 м, район готелю *SunRay* має відмітку близько 60 м (рис. 5.1)).

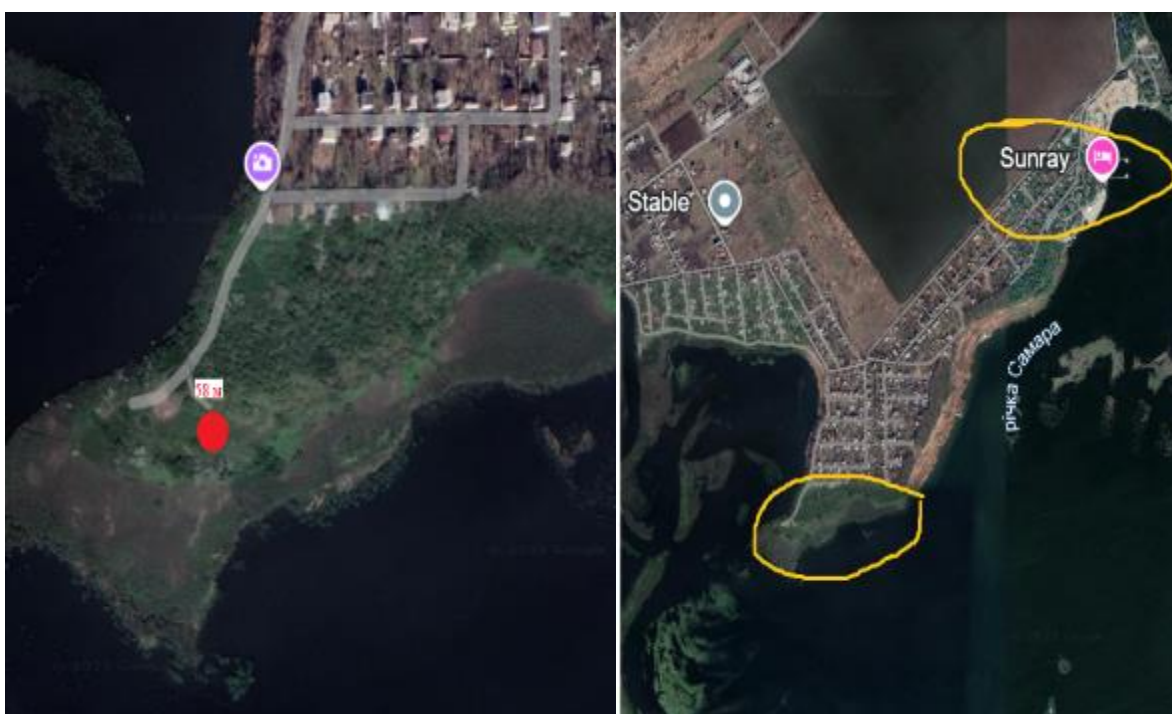


Рисунок 5.1 – Ділянка місцевості для розміщення очисних споруд з орієнтовним місцем проєктування очисних споруд на карті *Google Earth*

Також ділянка дозволяє дотримуватись санітарно - захисної зони (відстань від найближчої житлової забудови 200 м) та прибережної захисної смуги (не менше 50 м від урізу води) [67-69]. Площа ділянки - приблизно 5000 м² (100 × 50 м), що

цілком покриває потреби в розміщенні всієї технологічної частини та зони обслуговування (ДОДАТОК К).

Розрахунки необхідні для розробки схеми очищення стічних вод проводимо за вихідними даними (табл. 5.1).

Таблиця 5.1 – Вихідні дані щодо виконання розрахунків

Найменування даних	Показник
Число мешканців населеного пункту, чол.	19 138
Норма водовідведення, л/чол. за добу	129,0
Дані по водоймі	
Категорія водойми	1,1
Мінімальна витрата водойми при 95%-ї забезпеченості, м ³ /с	2,6
Середня швидкість течії при мінімальній витраті, м/с	0,2
Середня глибина водойми, м	2,4
Концентрація розчиненого кисню, мг/л	10,1
Зважені речовини, мг/л	14,7
Кількість органічних забруднювачів за БСКповн, мг/л	2,4
Водовикористання водойми нижче за випуск стічних вод, км	3,5
Швидкісний множник (коефіцієнт Шезі), м ^{0,5} /с	10,5
Місце випуску стічних вод у водойму (б – беріг, ф – фарватер)	Б
Коефіцієнт звивистості річки	1,22
Відмітки рівнів води, м	1,1

Розраховуємо основні параметри стічних вод наступним чином :

1) Розрахунок середньодобової витрати побутових стоків:

$$Q_{\text{побут}} = N_{\text{ж}} \cdot q_{\text{н}}, \text{ м}^3/\text{добу} \quad (5.1)$$

де $N_{\text{ж}}$ – кількість мешканців населеного пункту, чол.;

$q_{\text{н}}$ – норма водовідведення на людину за добу.

$$Q_{\text{побут}} = 19138 \cdot 129,0 = 2468,8 \text{ м}^3/\text{добу}.$$

2) Визначення концентрацій забруднюючих речовин.

Розрахунок для визначення необхідного ступеню очищення, проводимо для зважених речовин та концентрації сумарних органічних забруднень БСК_{повн}.

Таблиця 5.2 - Кількість забруднень, внесених однією людиною за добу

Показник	Кількість забруднюючих речовин на одного мешканця, г/добу
Зважені речовини	65
БСК _{повн} неосвітленої рідини	75

$$C_{\text{побут}} = \frac{a^* \cdot 1000}{q_n}, \text{ мг/л} \quad (5.2)$$

$$C_{\text{побут}}^{\text{ЗВ}} = \frac{65 \cdot 1000}{129} = 503,9 \text{ г/м}^3$$

$$C_{\text{побут}}^{\text{БСК}} = \frac{75 \cdot 1000}{129} = 581,4 \text{ г/м}^3$$

Загальна концентрація забруднень побутовими водами, обчислюється за формулою:

$$C_{\text{побут}} = C_{\text{побут}}^{\text{ЗВ}} + C_{\text{побут}}^{\text{БСК}}, \text{ г/м}^3 \quad (5.3)$$

$$C_{\text{побут}} = 503,9 + 581,4 = 1085,3 \text{ г/м}^3$$

де $C_{\text{побут}}^{\text{ЗВ}}$ – концентрація зважених речовин в побутових водах, мг/л;

$C_{\text{побут}}^{\text{БСК}}$ – концентрація БСК_{повн} в побутових водах, мг/л;

3) Визначення необхідного ступеня очищення стічних вод.

Вимоги до скиду стічних вод у поверхневі водоймища, формулюються з урахуванням господарського значення, інтенсивності водокористування, природної здатності водойми до самоочищення. Допустимі норми до складу води, за гігієнічними нормативами, наведено в таблиці 5.3.

3.1) Для визначення необхідного ступеня очищення, необхідно врахувати коефіцієнт змішування стічних вод і води водойми, в які буде відбуватись скидочищені стічні води.

Таблиця 5.3 – Гігієнічні вимоги до складу води

Показники складу та властивості води водного об'єкта	Одиниці вимірювання	Тип водокористування			
		Санітарно-побутові		Рибогосподарчі	
		1.1	1.2	2.1	2.2
		господарчо-питні	культурно-побутові	відтворення цінних порід риби	для інших рибогосподарських цілей
Розчинений кисень	мг/л	≥ 4	≥ 4	≥ 6	≥ 6
БСК _{повн} при температурі 20°C	мг/л	≤ 3	≤ 6	≤ 3	≤ 3
Підвищення С _{зв} , не більше ніж	мг/л	0,25	0,75	0,25	0,75

Коефіцієнт змішування стічних вод з водами водойми визначаємо за формулою:

$$\gamma = \frac{1 - e^{-d^3 \sqrt{L}}}{1 + \frac{q_p}{Q_c} \cdot e^{-d^3 \sqrt{L}}}, \quad (5.4)$$

$$\gamma = \frac{1 - e^{-1,29^3 \sqrt{2500}}}{1 + \frac{2,6}{0,029} \cdot e^{-1,29^3 \sqrt{2500}}} = 0,999 \approx 1;$$

де q_p – витрата води в створі річки біля місця випуску стічних вод м³/сек;

Q_c – витрата стічних вод, м³/сек;

L – відстань від місця випуску стічних вод до розрахункового створу (найближчий пункт водокористування L_ϕ), зменшена на 1 км, м;

d – коефіцієнт, враховуючий гідравлічні фактори зміщення, розраховується за формулою:

$$d = \xi \cdot \varphi \cdot \sqrt[3]{\frac{E}{Q_c}}, \quad (5.5)$$

$$Q_c = \frac{Q_{\text{побут}}}{3600 \cdot 24} = \frac{2468,8}{3600 \cdot 24} = 0,029 \text{ м}^3/\text{сек}$$

$$L = 3,5 - 1 = 2,5 \text{ км} = 2500 \text{ м}$$

$$d = 1 \cdot 1,22 \cdot \sqrt[3]{\frac{0,034}{0,029}} = 1,29$$

де ξ - коефіцієнт, залежний від місця випуску стічних вод (при випуску біля берега – $\xi = 1$; при випуску у фарватері річки $\xi = 1,5$);

φ – коефіцієнт звивистості річки;

E – коефіцієнт турбулентної дифузії, визначається для рівнинних рік за формулою:

$$E = \frac{v_{\text{ср}} \cdot H_{\text{ср}}}{M \cdot \bar{C}} \cdot g, \quad (5.6)$$

де $v_{\text{ср}}$ – середня швидкість течії при мінімальній витраті, м/сек;

$H_{\text{ср}}$ – середня глибина водойми між випуском стічних вод та розрахунковим створом, м;

$\bar{C}$ – швидкісний множник (коефіцієнт Шезі), $\text{м}^{0,5}/\text{сек}$;

M – функція швидкісного множника, при:

$$\bar{C} \leq 60, \quad M = 0,7 \cdot \bar{C} + 6,$$

$$\bar{C} > 60, \quad M = 48,$$

g – прискорення вільного падіння, що дорівнює 9,81 м/с.

$$E = \frac{0,2 \cdot 2,4}{13,35 \cdot 10,5} \cdot 9,81 = 0,034$$

Виконується умова $\bar{C} \leq 60$, $M = 0,7 \cdot \bar{C} + 6$, тому що $\bar{C} = 10,5$. Отже, $M = 0,7 \cdot 10,5 + 6 = 13,35$.

3.2) Розрахунок необхідного ступеня очищення. Для визначення ступеня очищення води перед скидом у водойми враховується три ключові показники: концентрація зважених речовин; допустимий рівень БСК; вміст розчиненого кисню у воді. Залежність санітарних вимог до умов скиду стічних вод у водоймища та потрібним ступенем очищення виражається нерівністю:

$$C_{\text{BX}}^{\text{ЗВ}} \cdot Q_c + C_p \cdot \gamma \cdot q_p \leq (\gamma \cdot q_p + Q_c) \cdot C_N, \quad (5.7)$$

$$37,34 \cdot 0,029 + 14,7 \cdot 0,999 \cdot 2,6 \leq (0,999 \cdot 2,6 + 0,029) \cdot 14,95$$

$$39,27 = 39,27$$

де $C_{\text{BX}}^{\text{ЗВ}}$ – допустима концентрація зважених речовин в водах які скидаються в водойми, визначається за формулою (2.12), мг;

C_p – концентрація забруднюючих речовин у воді водойми, г/л;

C_N – ГДК забруднень у воді водойми, мг/л.

3.2.1) Концентрація зважених речовин, яка міститься в стічних водах після очищення, виражається нерівністю:

$$C_{\text{BX}}^{\text{ЗВ}} \leq \frac{\gamma \cdot q_p}{Q_c} \cdot (C_N - C_p) + C_N, \quad (5.8)$$

$$C_N = C^{\text{ЗВ}} + 0,25, \quad (5.9)$$

$$C_N = 14,7 + 0,25 = 14,95 \text{ мг/л.}$$

Необхідний ступінь очищення стічних вод:

$$E = \frac{C_{en} - C_{ex}^{\text{BX}}}{C_{en}} \cdot 100 \%, \quad (5.10)$$

$$E = \frac{503,9 - 37,34}{503,9} \cdot 100\% = 92,52\%$$

де C_{en} – кількість зважених речовин в стічних водах до очищення, визначається за формулою:

$$C_{en} = C_{\text{побут}}^{\text{ЗВ}} = 503,9 \text{ г/м}^3.$$

Допустима концентрація зважених речовин в водах, які скидаються в водойми, розраховується за формулою:

$$C_{\text{ВХ}}^{\text{ЗВ}} = p \cdot \left(\frac{\gamma \cdot q_p}{Q_c} + 1 \right) + C_p, \quad (5.11)$$

де p – допустиме збільшення кількості зважених речовин у воді водойми (таблиця 5.3), мг/л; за категорією 1.1 – 0,25

C_p – концентрація зважених речовин у воді, мг/л.

$$C_{\text{ВХ}}^{\text{ЗВ}} = 0,25 \left(\frac{1 \cdot 2,6}{0,029} + 1 \right) + 14,7 = 37,34 \text{ г/м}^3$$

$$37,34 \leq \frac{1 \cdot 2,6}{0,029} \cdot (14,95 - 14,7) + 14,95$$

$$37,34 = 37,698 \text{ г/м}^3$$

3.2.2) Допустима величина БСК:

$$L_{\text{ex}}^{\text{БСК}} = \frac{\gamma \cdot q_p}{Q_c \cdot 10^{-k_1 \cdot t}} \cdot (L_N - L_p \cdot 10^{-k_2 \cdot t}) + \frac{L_N}{10^{-k_1 \cdot t}}, \text{ мг/л} \quad (5.12)$$

$$L_{ex}^{БСК} = \frac{1 \cdot 2,6}{0,029 \cdot 10^{-0,1 \cdot 0,20}} \cdot (3 - 2,4 \cdot 10^{-0,25 \cdot 0,20}) + \frac{3}{10^{-0,1 \cdot 0,20}} = 85,53 \text{ мг/л}$$

де k_1 – константа швидкості споживання кисню, залежна від температури води та виду забруднень, визначається за таблицею 5.4;

k_2 – константа швидкості розчинення кисню, визначається за таблицею 5.5;

L_N – гранично допустима величина БСК стічних вод, які скидаються та вод водойми (таблиця 5.3), мг/л;

L_p – БСК річної води до місця скиду стічних вод мг/л;

t – час руху стічних вод до розрахункового створу, доба.

$$t = \frac{L_{\phi}}{v_{\text{ср}}}, \text{ доба} \quad (5.13)$$

$$t = \frac{3500 \text{ м}(3,5 \text{ м})}{0,2} = 17500 \text{ сек} = \frac{17500}{86400} = 0,20254629 = 0,20 \text{ доби}$$

Таблиця 5.4 – Константа швидкості споживання кисню в стічних водах

°C	0	5	9	12	15	18	20	22	24	26	28	29
k_1	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,1	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15

Таблиця 5.5 – Константа швидкості розчинення кисню в природних водах

Водосховища та слабо проточні водойми	0,05 – 0,15
Річки зі швидкістю течії до 0,5 м/с	0,2 – 0,25
Річки зі швидкістю течії більше 0,5 м/с	0,3 – 0,5
Малі річки	0,5 – 0,8

3.2.3) Визначення необхідного ступеня очищення за розчинним у воді водойми кисню.

Допустиме навантаження стічних вод на водний об'єкт за кількістю розчинного в ньому кисню, розраховується:

$$L_{ex}^{\text{кисень}} = \frac{\gamma \cdot q_p}{0,4 \cdot Q_c} \cdot (Q_p - 0,4 \cdot L_p - 4) - \frac{L_{min}^{\text{кисень}}}{0,4}, \text{ мг/л} \quad (5.14)$$

$$L_{ex}^{\text{кисень}} = \frac{1 \cdot 2,6}{0,4 \cdot 0,029} (10,1 - 0,4 \cdot 3 - 4) - \frac{4}{0,4} = 1104,65 \text{ мг/л}$$

де Q_p – кількість розчиненого кисню у воді до випуску стічних вод, г/м³;

$L_{min}^{\text{кисень}}$ - мінімальна допустима кількість розчиненого кисню у воді водойми в залежності від категорії водоймища (таблиця 5.3), мг/л.

Ефективність роботи очисних споруд визначається на основі параметру гранично допустимих значень БСК та максимально допустимого навантаження на водойму за вмістом розчиненого кисню:

$$E = \frac{L_{en}^{\text{БСК}} - L_{ex}}{L_{en}^{\text{БСК}}} \cdot 100\% \quad (5.15)$$

$$E_{\text{БСК}} = \frac{581,4 - 85,53}{581,4} \cdot 100\% = 85,29\%$$

$E_{\text{кисень}} = \frac{581,4 - 1104,65}{581,4} \cdot 100\% = -90\%$ - не треба проводити очистку по розчиненому кисню

де L_{ex} - показники значень допустимої величини БСК ($L_{ex}^{\text{БСК}}$) та допустимого навантаження стічних вод на водний об'єкт за кількістю розчинного в ньому кисню ($L_{ex}^{\text{кисень}}$) відповідно;

$L_{en}^{\text{БСК}}$ - БСК_{повн} загального стоку розраховується за формулою:

$$L_{en}^{\text{БСК}} = C_{\text{побут}}^{\text{БСК}} = 581,4 \text{ мг/л}$$

Отже, ступінь очищення стічних вод від зважених речовин повинен складати не менше 92,52%, а від органічних забруднень – 85,29%. При цьому концентрація зважених речовин в очищених водах дорівнюватиме 37,698 г/м³, вміст органічних речовин – 85,53 мг/л, вміст розчиненого у воді кисню – 1104,65 мг/л [70].

6 ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ТА ВИБІР ОБЛАДНАННЯ МІСЬКОЇ ОЧИСНОЇ СТАНЦІЇ СТІЧНИХ ВОД

Відходи, які утворюються внаслідок процесу очищення, вивозять на піскові або мулові майданчики або на поля, як наслідок вивозу відходи заростають рослинами. Існують різні схеми очисних споруд, які проектують і застосовують залежно від кількісного складу стічних вод. Загалом, схема очисних споруд складається з наступних елементів.

1) Приймальна камера. Вона є першим елементом схеми очищення та виконує функцію усереднення складу стоків, дозволяє вирівняти нерівномірні витрати протягом доби та забезпечує захист системи від гідравлічних ударів. Приймальна камера прямокутної форми, має маркування та відповідні параметри розмірів і пропускної здатності.

2) Решітки. Головна їх функція це вилучення великих механічних великих механічних домішок, таких як пластик, гілки, каміння. Оскільки вони будуть перешкоджати подальшому очищенню. За технічними характеристиками решітки мають маркування, відповідну пропускну здатність, розміри каналу, площі проходу, ширину та масу.

3) Пісковловлювач. Він призначений для вилучення мінеральних часток (пісок, щебінь, шлак) з розмірами понад 0,2 мм. Пісок швидко осідає, але не піддається біологічному розкладу, тому його видаляють механічно. Бувають горизонтальні, вертикальні та аеровані. Конструкції розрізняються за розмірами, числом відділень та пропускну здатністю.

4) Первинні відстійники, які призначені для вилучення зважених часток органічного та мінерального походження. Процес відбувається завдяки гравітаційному осіданню. Процес є підготовкою води до біологічної очистки. За типами розрізняють радіальні, в яких осад збирається по центру та горизонтальні, з перегородками, в яких осад збирається в нижніх лотках. Розрізняють за діаметром,

глибиною зони відстоювання, об'ємом зони відстоювання, та пропускною здатністю.

5) Аеротенки. Вони призначені саме для біологічного очищення, як результат змішування стоків з активним мулом, який споживає органічні забруднення за присутності кисню. Є типові та нетипові проекти типів аеротенків. Типові відрізняються маркуванням, кількістю, шириною та глибиною коридорів. Нетипові відрізняє від типових конструкція габарити та принцип дії.

6) Вторинні відстійники, в яких відбувається процес відокремлення активного мулу після біологічного очищення. Частина мулу повертається в аеротенк, решта – на утилізацію. Бувають радіальні та горизонтальні. Характеризуються пропускною здатністю та діаметром.

7) Контактні відстійники, які призначені для знезараження очищеної води перед скиданням у водойму. Їх об'єм залежить від витрат води, вода знезаражується хлоруванням або озонуванням. В результаті їх дії видаляються всі патогени з води, яка стає безпечною для скиду.

Внаслідок кожного з етапів очищення утворюється певна кількість відходів, які евакуюють на піщані, грязьові майданчики або на поля. Після проходження всіх етапів очистки, вода надходитиме у річку Самара — через контрольований випуск. Для цього потрібно також реалізувати випускний колектор(орієнтовно за стрілкою у ДОДАТКУ К), який направлятиме стоки на глибину за течією [70].

6.1 Розрахунок основних типів обладнання

Розрахунок очисного обладнання проводимо за наступною схемою:

1) Приймальна камера. За розрахованою витратою стічних вод за секунду обираємо розмір та параметри приймальної камери за даними таблиці 6.1.

$$Q_c = \frac{Q_{\text{витр}}}{3600 \cdot 24} = \frac{2468,8 \cdot 1000}{3600 \cdot 24} = 28,57 \text{ м}^3/\text{сек}$$

За отриманою секундною витратою обираємо приймальну камеру марки ПК-2-50 з пропускною здатністю 393 л/с.

Таблиця 6.1 – Характеристика приймальної камери

Пропускна здатність, л/с	Марка приймальної камери	Параметри $Д \times Ш \times В$, мм
393	ПК-2-50	1500×2000×1600
476	ПК-2-60а	1500×2000×1600
610	ПК-2-60б	1600×2500×1600
750	ПК-2-70	1600×2500×1600
917	ПК-2-80	1600×2500×1600
1140	ПК-2-80	1600×2500×1600
1390	ПК-2-90	2000×3200×2000
1810	ПК-2-110	2000×3200×2000
2210	ПК-2-120а	2000×3200×2000
2450	ПК-2-120б	2000×3200×2000
2920	ПК-2-120б	2000×3200×2000

2) Вибір решітки. Решітку, яка обладнані механічними граблями, встановлюють перед очисними спорудами та додатково приймають резервну решітку. Ширина прозорів її прозорів має бути не більше 16 мм. Залежно від добової витрати стічних вод, за довідниковими даними таблиці 6.2 обираємо решітку.

Таблиця 6.2 – Технічна характеристика решіток

Марка	Пропускна здатність, тис. м ³ /добу	Розміри каналу перед решіткою, мм		Площа проходу решітки, м ²	Ширина решітки, $B_{\text{р}}$, мм	Маса, кг
		В	Н			
РМВ-1000	26	1000	1000	0,3		1690
МГ9Т	33	1000	1200	0,38	1425	1320
МГ7Т	35	800	1400	0,39	1338	1000
МГ11Т	50	1000	1600	0,57	1520	1500
МГ10Т	65	1000	2000	0,74	1580	1800
МГ8Т	110	1400	2000	1,25	1955	1637
МГ12Т	130	1600	2000	1,5	2175	1870
МГ6Т	165	2000	2000	1,9	2675	1951
МГ5Т	185	2000	3000	2,1	2175	2690
РМВ	17	600	800	0,2		610

Отже, за добовою витратою стічних вод $2468,8 \text{ м}^3/\text{добу}$, приймаємо решітку РМВ з пропускною здатністю $17000 \text{ м}^3/\text{добу}$.

За формулою (6.1) визначається площа живого перерізу решіток:

$$F = \frac{Q_c}{v_{\text{ж}}}, \text{ м}^2 \quad (6.1)$$

де $v_{\text{ж}}$ – швидкість руху речовини в прозорах решітки(в межах від 0,8 до 1),м/сек.

$$F = \frac{0,029}{0,8} = 0,04 \text{ м}^2$$

Визначаємо необхідну кількість решіток:

$$n_{\text{реш}} = \frac{F}{F_p} \Rightarrow \text{округлюється до цілого в більшу сторону} \quad (6.2)$$

де F_p – площа проходу обраної решітки, м^2

$$n_{\text{реш}} = \frac{F}{F_p} = \frac{0,04}{0,2} = 0,18$$

Загалом приймають на 1 решітку більше (резервна решітка).

$$1 + 1 = 2 \text{ шт}$$

Тобто, кількість робочих решіток становить 1, але додатково приймається 1 резервна решітка.

2.1) Визначення скиду відходів за добу з решіток. Об'єм відходів визначається за формулою:

$$W = \frac{a \cdot N_{\text{H}}^{\text{ЗВ}}}{365 \cdot 1000}, \text{ м}^3/\text{добу} \quad (6.3)$$

де a – об'єм скидів відходів на одну людину за рік, приймається рівним 8 л/чол. в рік

$$W = \frac{8 \cdot 19138}{365 \cdot 10000} = 0,42 \text{ м}^3/\text{добу}$$

Скиди відходів мають середню густину $p = 720 \text{ кг/м}^2$, вологість – 80%. Маса відходів, яка знімається з решіток, визначається за формулою:

$$P = W \cdot p, \text{ кг/добу} \quad (6.4)$$

$$P = 0,42 \cdot 720 = 302 \text{ кг/добу}$$

Маса відходів за 1 год. роботи решіток, визначається за формулою:

$$P_r = \frac{P}{24} K_r, \text{ кг/год} \quad (6.5)$$

де K_r – коефіцієнт годинної нерівномірності, який дорівнює 2.

$$P_r = \frac{302}{24} \cdot 2 = 25 \text{ кг/год.}$$

2.2) Розрахунок концентрації зважених речовин після решіток:

$$C_{\text{ex}}^{\text{зв}} = \frac{m_{\text{ex}}^{\text{зв}}}{Q_{\text{ex}}}, \text{ кг/м}^3 (\text{г/м}^3) \quad (6.6)$$

$$C_{\text{вх}}^{\text{зв}} = \frac{1166,43}{2468,57} = 0,47251 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} = 479,46 \text{ г/м}^3$$

Маса вихідних зважених речовин розраховується за формулою:

$$m_{\text{вх}}^{\text{зв}} = m_{\text{вп}}^{\text{зв}} - m_{\text{скид}}^{\text{зв}}, \text{ кг/добу} \quad (6.7)$$

$$m_{\text{вх}}^{\text{зв}} = 1244,97 - 60,4 = 1183,57 \text{ кг/добу}$$

Маса вхідних зважених речовин розраховується за формулою:

$$m_{\text{en}}^{\text{зв}} = C_{\text{en}}^{\text{зв}} \cdot Q_{\text{en}}, \text{ кг/добу} \quad (6.8)$$

$$m_{\text{вп}}^{\text{зв}} = \frac{503,9 \cdot 2468,8}{1000} = 1243,97 \text{ кг/год}$$

Маса скидів розраховується за формулою:

$$m_{\text{скид}}^{\text{зв}} = P \cdot \eta_{\text{зв}}, \text{ кг/добу} \quad (6.9)$$

де $\eta_{\text{зв}}$, – доля зважених частинок в загальній масі відходів:

$$m_{\text{скид}}^{\text{зв}} = 302 \cdot 0,20 = 60,4 \text{ кг/добу}$$

$$\eta_{\text{зв}} = \frac{100 - \eta_{\text{вл}}}{100} \quad (6.10)$$

де $\eta_{\text{зв}}$ – вологість скидів відходів, %.

$$\eta_{\text{зв}} = \frac{100-80}{100} = 0,20\%$$

Витрата очищеної води визначається за формулою:

$$Q_{\text{ex}} = Q_{\text{en}} - V_{\text{скид}}^{H_2O}, \text{ м}^3/\text{добу} \quad (6.11)$$

де Q_{en} – витрата стічної води, яка подається на очищення, м³/добу;

$$Q_{\text{вх}} = 2468,8 - 0,230 = 2468,57 \text{ м}^3/\text{добу}$$

$V_{\text{скид}}^{H_2O}$ – об'єм води, який видаляється разом зі скидами, розраховується за формулою:

$$V_{\text{скид}}^{H_2O} = \frac{P \cdot \eta_{\text{вл}}}{\rho_{H_2O}}, \text{ м}^3/\text{добу} \quad (6.12)$$

$$V_{\text{скид}}^{H_2O} = \frac{302 \cdot 0,8}{1000} = 0,24 \text{ м}^3/\text{добу}$$

Отже, обираємо 1 робочу та 1 резервну решітку марки РМВ. Витрата стічних вод після решіток складає 2468,57 м³/добу, величина БСК – 581,4м³/добу, концентрація зважених речовин становить 472,51 г/м³. Добова витрата скидів з решіток має значення 0,4 м³/добу, об'єм води який видаляється разом зі скидами – 0,23 м³/добу, маса скидів становить 57,6 кг/добу.

3) Пісковловлювач. Розрахунок горизонтального пісковловлювача та його вибір проводимо на основі даних з таблиці 6.3.

Таблиця 6.3 – Приклади конструкцій пісковловлювачів з механічним видаленням осаду [70]

Пропускна здібність, тис. м³/добу	Число відділень	Розміри, м		
		довжина	ширина відділення	наповнення (глибина проточної частини)
25	2	9	1,25	0,55
50	2	15	2,8	0,55
70	2	18	3	0,58
100	3	18	3	0,55
140	2	18	4,5	0,67
200	3	18	4,5	0,65
280	4	18	4,5	0,67

Вибір та розрахунок горизонтального пісковловлювача здійснюємо враховуючи величину витрати стічних вод за добу, яка дорівнює 2468,8 м³/добу. Згідно з даними таблиці 6.3, обирається пісковловлювач з пропускною здатністю 25000 м³/добу (як найменший).

3.1) Визначення найменшого діаметра затримки частин піску здійснюємо через показник гідравлічної крупності піску:

$$u_o = \frac{1000 \cdot K_s \cdot H_s \cdot v_s}{L_s}, \text{ мм/с} \quad (6.13)$$

де K_s – коефіцієнт типу пісковловлювача, для горизонтальних – дорівнює 1,7;

H_s – глибина проточної частини пісковловлювача (таблиця 6.3), м;

v_s – швидкість руху стічних вод (для горизонтальних пісковловлювачів дорівнює 0,3), м/сек;

L_s – довжина робочої частини пісковловлювача (таблиця 6.3), м.

$$u_o = \frac{1000 \cdot 1,7 \cdot 0,55 \cdot 0,3}{9} = 31,16 \text{ мм/сек}$$

Відповідно до таблиці 6.4 визначаємо діаметр затримки частинок за величиною u_o , $d = 0,33$ мм.

Таблиця 6.4 – Залежність між гідравлічною крупністю та діаметром частинок піску [70]

Діаметр часток піску, мм	0,1	0,12	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,5
Гідравлічна крупність при 10 – 15°C	5,12	7,37	11,5	18,7	24,2	28,3	34,5	40,7	51,6

3.2) Перевірка правильності вибору пісковловлювача:

- на швидкість руху води:

$$v_i = \frac{Q_{en}}{B_s \cdot H_s \cdot n}, \text{ м/с} \quad (6.14)$$

де B_s – ширина ділення пісковловлювача (таблиця 6.3), м;

n – кількість ділень пісковловлювача;

$$v_i = \frac{0,029}{1,25 \cdot 0,55 \cdot 2} = 0,02 \text{ м/с} \leq 0,3 \text{ м/с}$$

Q_{en} – витрата стічних вод після решітки, м³/сек.

$$Q_{en} = \frac{2468,57}{86400} = 0,029 \text{ м}^3/\text{сек}$$

- на тривалість протікання стічних вод:

$$t = \frac{L_s}{v_i}, \text{ с} \quad (6.15)$$

$$t = \frac{9}{0,02} = 433 \text{ с}$$

Отже, пісковловлювач ми обрали вірно, оскільки тривалість протікання стічних вод більша за 30с ($433 > 30$ с), а швидкість руху води менша на 0,3 м/с ($0,02 \text{ м/с} \leq 0,3 \text{ м/с}$)

3.3) Визначення осадової частини пісковловлювача та об'єму скидів відходів:

$$V_s = \frac{P_s \cdot N_H^{3B} \cdot t_s}{1000}, \text{ м}^3 \quad (6.16)$$

де P_s – видалений об'єм затриманого піску, який дорівнює 0,02 л/добу · чол;
 t_s – час між очищенням пісковловлювачів, зазвичай 2 доби.

$$V_s = \frac{0,02 \cdot 19138 \cdot 2}{1000} = 0,77 \text{ м}^3$$

Об'єм видалених скидів відходів складає:

$$W_{\text{доба}} = \frac{V_s}{2}, \text{ м}^3/\text{добу} \quad (6.17)$$

$$W_{\text{доба}} = \frac{0,77}{2} = 0,385 \text{ м}^3/\text{добу}$$

Вологість осаду складає 60%, густина - $\rho = 1500 \text{ кг/м}^3$

3.4) Розрахунок концентрації зважених речовин, витрати стічної води після пісковловлювача розраховується за формулами (6.6 - 6.12). Вхідними даними щодо кількості маси зважених речовин, витрати очищеної води до пісковловлювача, будуть значення, які дорівнюють вихідним даним із решіток.

Розрахунок концентрації зважених речовин після пісковловлювача:

$$C_{\text{ex}}^{3B} = \frac{m_{\text{ex}}^{3B}}{Q_{\text{ex}}}, \text{ кг/м}^3 (\text{г/м}^3) \quad (6.6)$$

$$C_{\text{ex}}^{\text{ЗВ}} = \frac{953,91}{2468,22} = 0,386 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} = 386,5 \text{ г/м}^3$$

Маса вихідних зважених речовин розраховується за формулою:

$$m_{\text{BX}}^{\text{ЗВ}} = m_{\text{ВП}}^{\text{ЗВ}} - m_{\text{СКИД}}^{\text{ЗВ}}, \text{ кг/добу} \quad (6.7)$$

$$m_{\text{ex}}^{\text{ЗВ}} = 1183,57 - 229,66 = 953,91 \text{ кг/добу}$$

Маса вхідних зважених речовин розраховується за формулою:

$$m_{\text{en}}^{\text{ЗВ}} = C_{\text{en}}^{\text{ЗВ}} \cdot Q_{\text{en}}, \text{ кг/добу} \quad (6.8)$$

$$m_{\text{en}}^{\text{ЗВ}} = \frac{479,46 \cdot 2468,56}{1000} = 1183,57 \text{ кг/год}$$

Маса скидів розраховується за формулою:

$$m_{\text{СКИД}}^{\text{ЗВ}} = P \cdot \eta_{\text{ЗВ}}, \text{ кг/добу} \quad (6.9)$$

де $\eta_{\text{ЗВ}}$ – доля зважених частинок в загальній масі відходів:

$$m_{\text{СКИД}}^{\text{ЗВ}} = 574,1 \cdot 0,40 = 229,66 \text{ кг/добу}$$

$$\eta_{\text{ЗВ}} = \frac{100 - \eta_{\text{ВЛ}}}{100} \quad (6.10)$$

де $\eta_{\text{ВЛ}}$ – вологість скидів відходів, %.

$$\eta_{\text{ЗВ}} = \frac{100 - 60}{100} = 0,4$$

Скиди відходів мають середню густину $\rho = 1500 \text{ кг/м}^3$, вологість – 60%. Маса відходів, яка знімається з решіток, визначається за формулою:

$$P = W \cdot \rho, \text{ кг/добу} \quad (6.4)$$

$$P = 0,383 \cdot 1500 = 574,1 \text{ кг/добу}$$

Витрата очищеної води визначається за формулою:

$$Q_{\text{ex}} = Q_{\text{en}} - V_{\text{СКИД}}^{H_2O}, \text{ м}^3/\text{добу} \quad (6.11)$$

де Q_{en} – витрата стічної води, яка подається на очищення, $\text{м}^3/\text{добу}$;

$$Q_{\text{ex}} = 2468,56 - 0,344 = 2468,22$$

$V_{\text{скид}}^{H_2O}$ – об'єм води, який видаляється разом зі скидами, розраховується за формулою:

$$V_{\text{скид}}^{H_2O} = \frac{P \cdot \eta_{\text{вл}}}{\rho_{H_2O}}, \text{ м}^3/\text{добу} \quad (6.12)$$

$$V_{\text{скид}}^{H_2O} = \frac{574,1 \cdot 0,6}{1000} = 0,344 \text{ м}^3/\text{добу}$$

Отже, витрата стічних вод після пісковловлювача складає $2468,22 \text{ м}^3/\text{добу}$, концентрація зважених речовин становить $386,5 \text{ г/м}^3$, величина БСК – $581,4 \text{ м}^3/\text{добу}$. Добова витрата скидів з пісковловлювача становить $0,386 \text{ м}^3/\text{добу}$, об'єм води, який видаляється разом зі скидами – $0,344 \text{ м}^3/\text{добу}$, маса скидів становить $229,66 \text{ кг/добу}$

4) Вибір первинних радіальних відстійників здійснюється з урахуванням часової витрати стічних вод (таблиця 6.5).

$$Q_{\text{г}} = \frac{2468,22}{24} = 102,84 \text{ м}^3/\text{год}$$

Кількість робочих відстійників повинна бути не менше 2: необхідно передбачити відстійник та місце для відстійника на перспективу розширення. Кількість первинних відстійників становить 3, з них 2 робочих та 1 резервний. Отже витрата води в кількості $102,84 \text{ м}^3/\text{год}$ йде на 2 відстійника.

Відповідно до цього, на один відстійник надходять води в обсязі:

$$Q_{\text{г}}^1 = \frac{102,84}{2} = 51,42 \text{ м}^3/\text{год}$$

Згідно таблиці 6.5 обирається найменший доступний діаметр відстійника 18 м з пропускною здатністю $550 \text{ м}^3/\text{год}$.

Таблиця 6.5 – Уніфіковані розміри первинних відстійників із збірного залізобетону

Діаметр відстійника, м	Глибина зони відстоювання, м	Розрахунковий об'єм зони відстоювання, м ³	Розрахункова пропускна здатність, м ³ /год
18	3,1	788	550
24	3,1	1400	930
30	3,1	2190	1460
40	3,65	4580	3054
50	4,7	9220	6165
54	5,7	10500	7000

4.1) Об'єм осаду, який видаляється при відстоюванні за добу визначається за формулою:

$$W = \frac{Q_{en} \cdot (C_{en} - C_{ex})}{\left(\frac{100 - \eta_{вл}}{100}\right) \rho_{ос}}, \text{ м}^3/\text{добу} \quad (6.18)$$

де Q_{en} - витрата стічних вод після пісковловлювача, м³/сек;

C_{en} - концентрація зважених речовин, яка надходить після пісковловлювача, г/м³;

C_{ex} - максимально допустима концентрація зважених речовин перед аеротенком, яка дорівнює 150 г/м³;

$\eta_{вл}$ - вологість осаду, яка дорівнює 95%;

$\rho_{ос}$ - густина осаду - 1 000 000 г/м³

$$W = \frac{2468,22 \cdot (386,5 - 150)}{\left(\frac{100 - 95}{100}\right) \cdot 1000000} = 11,67 \text{ м}^3/\text{добу}$$

Маса відходів, яка видаляється з відстійників, визначається за формулою:

$$P = W \cdot \rho_{ос}, \text{ м/добу} \quad (6.19)$$

$$P = 11,67 \cdot 1000000 = 11,67 \text{ т/добу}$$

4.2) Відповідно до формул (6.7 - 6.12), розраховуються маси скидів та витрата очищеної води після радіальних відстійників.

$$C_{ex}^{зв} = \frac{m_{ex}^{зв}}{Q_{ex}}, \text{ кг/м}^3 (\text{г/м}^3) \quad (6.6)$$

$$C_{\text{ex}}^{\text{ЗВ}} = \frac{370,23}{2457,13} = 0,150 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} = 150,7 \text{ г/м}^3$$

Маса вихідних зважених речовин розраховується за формулою:

$$m_{\text{ВХ}}^{\text{ЗВ}} = m_{\text{ВП}}^{\text{ЗВ}} - m_{\text{СКИД}}^{\text{ЗВ}}, \text{ кг/добу} \quad (6.7)$$

$$m_{\text{ВХ}}^{\text{ЗВ}} = 953,91 - 583,68 = 370,23 \text{ кг/добу}$$

Маса вхідних зважених речовин розраховується за формулою:

$$m_{\text{en}}^{\text{ЗВ}} = C_{\text{en}}^{\text{ЗВ}} \cdot Q_{\text{en}}, \text{ кг/добу} \quad (6.8)$$

$$m_{\text{ВП}}^{\text{ЗВ}} = \frac{368,5 \cdot 2468,22}{1000} = 953,91 \text{ кг/год}$$

Маса скидів розраховується за формулою:

$$m_{\text{СКИД}}^{\text{ЗВ}} = P \cdot \eta_{\text{ЗВ}}, \text{ кг/добу} \quad (6.9)$$

де $\eta_{\text{ЗВ}}$, – доля зважених частинок в загальній масі відходів:

$$m_{\text{СКИД}}^{\text{ЗВ}} = 11,67 \cdot 0,05 = 583,68 \text{ кг/добу}$$

$$\eta_{\text{ЗВ}} = \frac{100 - \eta_{\text{ВЛ}}}{100} \quad (6.10)$$

де $\eta_{\text{ЗВ}}$ – вологість скидів відходів, %.

$$\eta_{\text{ЗВ}} = \frac{100 - 95}{100} = 0,05\%$$

Скиди відходів мають середню густину $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$, вологість – 95%. Маса відходів, яка знімається з решіток, визначається за формулою:

Витрата очищеної води визначається за формулою:

$$Q_{\text{ex}} = Q_{\text{en}} - V_{\text{СКИД}}^{\text{H}_2\text{O}}, \text{ м}^3/\text{добу} \quad (6.11)$$

де Q_{en} – витрата стічної води, яка подається на очищення, $\text{м}^3/\text{добу}$;

$$Q_{\text{ex}} = 2468,22 - 11,09 = 2457,13 \text{ м}^3/\text{добу}$$

$V_{\text{скид}}^{H_2O}$ – об’єм води, який видаляється разом зі скидами, розраховується за формулою:

$$V_{\text{скид}}^{H_2O} = \frac{P \cdot \eta_{\text{вл}}}{\rho_{H_2O}}, \text{ м}^3/\text{добу} \quad (6.12)$$

$$V_{\text{скид}}^{H_2O} = \frac{11,67 \cdot 0,95}{1} = 11,09 \text{ м}^3/\text{добу}$$

Отже, обирається 2 робочих та 1 резервний первинних відстійника діаметром 18 м. Витрата стічних вод після первинних радіальних відстійників становить 2457,13 м³/добу, концентрація зважених речовин сягає 150 г/м³, величина БСК – 581,4 м³/добу. Об’єм води, який видаляється разом зі скидами – 11,09 м³/добу, маса скидів становить 583,68 кг/добу

5) Розрахунок аеротенку-витиснювача з регенератором:

Визначення тривалості аерації суміші стічної води та циркулюючого мулу в аеротенку:

$$t_a = \frac{2,5}{a_{\text{аер}}^{0,5}} \cdot \lg \frac{L_{\text{ен}}^{\text{БСК}}}{L_{\text{ex}}^{\text{БСК}}}, \text{ год} \quad (6.20)$$

де $a_{\text{аер}}^{0,5}$ – доза мулу в аеротенку (рекомендовано приймати 1,5 г/л).

$$t_a = \frac{2,5}{1,5^{0,5}} \cdot \lg \frac{581,4}{85,53} = 1,7 \text{ год}$$

Визначення долі витрати циркулюючого мулу:

$$a = \frac{a_{\text{аер}}}{a_{\text{рег}} - a_{\text{аер}}} \quad (6.21)$$

де $a_{\text{рег}}$ – доза мулу в регенераторі (рекомендовано приймати 4 г/л)

$$a = \frac{1,5}{4 - 1,5} = 0,6 \text{ г/л}$$

Визначення тривалості окиснення знятих забруднень:

$$t_{ок} = \frac{L_{en}^{БСК} - L_{ex}^{БСК}}{a \cdot a_{рег} \cdot (1 - S_{л}) \cdot p_3} \cdot \frac{15}{t_{св}}, \text{ год} \quad (6.22)$$

де $S_{л}$ – зольність мулу в долях одиниці, приймається 0,3;

p_3 – середня швидкість окиснення забруднень: для побутових стічних вод $p_3 = 19$ мг БСК – г · год ;

$t_{св}$ – температура стічних вод, °С.

$$t_{ок} = \frac{581,4 - 85,53}{0,6 \cdot 4 \cdot (1 - 0,3) \cdot 19} \cdot \frac{15}{20} = 11,65 \text{ год}$$

Розрахунок тривалості регенерації циркулюючого мулу:

$$t_p = t_{ок} - t_a, \text{ год} \quad (6.23)$$

$$t_p = 11,65 - 1,699 = 9,95 \text{ год}$$

Визначення власне об'єму аеротенка:

$$V_{авр} = t_a \cdot (1 + a) \cdot Q_r, \text{ м}^3 \quad (6.24)$$

де Q_r – часова витрата стічних вод, м³/год.

$$V_{аер} = 1,699 \cdot (1 + 0,6) \cdot \frac{2457,13}{24} = 278,31 \text{ м}^3$$

Визначення об'єму регенератора:

$$V_{рег} = t_p \cdot a \cdot Q_r, \text{ м}^3 \quad (6.25)$$

$$V_{рег} = 9,95 \cdot 0,6 \cdot \frac{2457,13}{24} = 611,21 \text{ м}^3$$

та загального об'єму аеротенка:

$$V_{спор} = V_{аер} + V_{рег}, \text{ м}^3 \quad (3.26)$$

$$V_{спор} = 278,31 + 611,21 = 889,52 \text{ м}^3$$

Визначення тривалості обробки води:

$$t_{обр} = \frac{L_{en}^{БСК} - L_{ex}^{БСК}}{a_{сп} \cdot (1 - S_{л}) \cdot p_3}, \text{ год} \quad (6.27)$$

$$a_{\text{ср}} = \frac{a_{\text{аер}} \cdot V_{\text{аер}} + a_{\text{рег}} \cdot V_{\text{рег}}}{V_{\text{спор}}} \quad (6.28)$$

$$t_{\text{обр}} = \frac{581,4 - 85,53}{3,22 \cdot (1 - 0,3) \cdot 19} = 11,6 \text{ год}$$

$$a_{\text{ср}} = \frac{1,5 \cdot 278,31 + 4 \cdot 611,21}{889,52} = 3,22$$

5.1) Вибір аеротенка:

Для вибору аеротенка необхідно за розрахованим відношенням загального об'єму аеротенка до об'єму регенератора та за отриманим значенням, округленим до більшого, визначити кількість коридорів:

$$n = \frac{V_{\text{спор}}}{V_{\text{рег}}} \quad (6.29)$$

$$n = \frac{889,52}{611,21} = 1,41 \approx 2$$

Обирається число секцій аеротенка:

- при добовій витраті стічних вод до 50000 м³ – від 2 до 6 секцій;
- при добовій витраті стічних вод більше 50000 м³ – від 8 до 10 секцій.

Розраховується об'єм секції:

$$V_{\text{сек}} = \frac{V_{\text{спор}}}{n_{\text{сек}}}, \quad (6.30)$$

$$V_{\text{сек}} = \frac{889,52}{2} = 444,76 \text{ м}^3$$

Таблиця 6.6 – Характеристика типів аеротенків

Номер проекту	типового	Найменування проекту	типового	Ширина коридору, м
902-2-195		A-2-4,5-3,2 (4,4)		4,5
902-2-196		A-2-6-4,4 (5,0)		6,0
902-2-197		A-2-9-4,4 (5,0)		9,0
902-2-192		A-3-4,5-3,2 (4,4)		4,5
902-2-193		A-3-6-4,4 (5,0)		6,0
902-2-194		A-3-9-4,4 (5,0)		9,0
902-2-178		A-4-4,5-3,2 (4,4)		4,5
902-2-179		A-4-6-4,4 (5,0)		6,0
902-2-180		A-4-9-4,4 (5,0)		9,0

У зв'язку з тим, що типові аеротенки з таблиці 6.6 мають зовелику ширину коридору (мінімум 4,5 м) і не відповідають розрахунковим умовам, було обрано типовий проєкт аеротенка №902 – 2 – 94.

Таблиця 6.7 – Характеристики типових аеротенків без регенератора [71]

Ширина коридору $B_{atm}, \text{м}$	Робоча глибина аеротенків $H_{atm}, \text{м}$	Число коридорів n	Робочий об'єм секції $W_{atm}, \text{м}^3$	Довжина секції $l_{atm}, \text{м}$	Номер типового проекту
3	1,2	2	170	24	902-2-94
			260	36	902-2-95/96
4	4,5	2	864	24	902-2-215/216
			1296	36	902-2-217/218
			3780	42	902-2-268
6	5	3	5400	60	902-2-269
			7500	84	902-2-211
9	5,2	4	21680	120	902-2-120/72
			28080	150	902-2-264

Визначення довжини секції:

$$L_{\text{сек}} = \frac{V_{\text{сек}}}{n \cdot B \cdot H}, \text{ м} \quad (6.31)$$

де B – ширина коридору, м (обирається з табл. 3.6, 3 стовпчик);

H – глибина коридору, м; (обирається з табл. 3.6, 2 стовпчик, стандартна глибина);

n – кількість коридорів (обирається з табл. 3.6, 2 стовпчик, кількість коридорів).

$$L_{\text{сек}} = \frac{444,76}{2 \cdot 3 \cdot 1,2} = 61,8 \text{ м}$$

Перевіряється правильність обраного типу аеротенку за критерієм

$$L_{сек} \geq 10 \cdot B$$

Якщо це співвідношення витримується, то аеротенк обрано правильно, якщо ні – повторюється розрахунок для наступного типу аеротенку. Якщо усі аеротенки відповідають наведеному критерію, то обирається тій з них, у якого довжина секції буде найменшою.

$$L_{сек} 61,8 \geq 10 \cdot 3(30)$$

5.2) Визначення приросту мулу в аеротенку при очищенні стічних вод:

$$\Delta i = 0,8 \cdot C_{en}^{зв} + 0,3 \cdot L_{en}^{БСК} \quad (6.32)$$

де $C_{en}^{зв}$ – концентрація зважених речовин, яка надходить в аеротенк, г/м³;

$L_{en}^{БСК}$ – величина БСК, яка надходить в аеротенк, г/м³.

$$\Delta i = 0,8 \cdot 150 + 0,3 \cdot 581,4 = 294,42$$

Таким чином обирається 2-х секційний аеротенк за проектом 902-2-94 з 2 коридорами. Витрата стічних вод після аеротенка складає 2457,13 м³/добу, концентрація зважених речовин сягає 150 г/м³, величина БСК – 581,4м³/добу.

б) Вибір вторинних радіальних відстійників проводиться з урахуванням часової витрати стічних вод (таблиця 6.5). Об'єм відстійників розраховується за формулою:

$$V_{відс}^{вт} = Q_{ч} \cdot t_{відст}, \text{ м}^3 \quad (6.33)$$

де $Q_{ч}$ – часова витрата води, м³/год;

$t_{відст}$ – тривалість відстоювання, яка дорівнює 2 години.

$$V_{відс}^{вт} = \frac{2457,13}{24} \cdot 2 = 204,76 \text{ м}^3$$

Як і з вибору первинних радіальних відстійників, обираємо вторинні відстійники, кількість яких розраховується за формулою:

$$n_{відс}^{вт} = V_{відс}^{вт} \cdot V_{з.в.} \quad (6.34)$$

де $V_{з.в.}$ – об'єм зони відстоювання (таблиця 6.5), м³.

$$n_{відс}^{вт} = \frac{204,76}{788} = 0,26 \approx 1$$

В результаті розрахунку отримано загалом 2 відстійники (1 з яких прийнято як резервний). Кількість робочих відстійників повинна бути не менше 3.

Об'єм зони відстоювання $V_{з.в.}$ за таблицею 6.5 становить 788 м^3 , відповідно діаметр відстійника становить 18 м. Часова витрата стічних вод складає:

$$Q_{\Gamma} = \frac{2457,13}{24} = 102,38 \text{ м}^3/\text{год}$$

Виходячи з того, що робочих відстійників 2, на один відстійник надходять води в обсязі

$$Q_{\Gamma}^1 = \frac{102,38}{2} = 51,19 \text{ м}^3/\text{год}$$

За таблицею 6.5 пропускна здатність відстійника з діаметром 18 м складає $550 \text{ м}^3/\text{год}$ ($> 51,19$).

6.1) Об'єм осаду, який видаляється при відстоюванні за добу, визначається за формулою 6.18:

$$W = \frac{Q_{en} \cdot (C_{en} - C_{ex})}{\left(\frac{100 - \eta_{вл}}{100}\right) \cdot \rho_{oc}}, \text{ м}^3/\text{добу} \quad (6.18)$$

$$W = \frac{2457,13 \cdot (150 - 37,698)}{\left(\frac{100 - 95}{100}\right) \cdot 1000000} = 5,52 \text{ м}^3/\text{добу}$$

Вологість осаду складає 95%, густина - $\rho = 1 \text{ г/см}^3 = 1000 \text{ кг/м}^3 = 1000000 \text{ г/м}^3$. Концентрація зважених речовин, яка надходить після аеротенка складає 150 г/м^3 . Максимально допустима концентрація зважених речовин, яка розрахована за формулою (5.11), дорівнює 37,698. Маса відходів, яка видаляється з відстійників, визначається за формулою (6.19)

$$P = W \cdot \rho_{oc}, \text{ м/добу} \quad (6.19)$$

$$P = 11,67 \cdot 1000000 = 5,52 \text{ т/добу}$$

6.2) Відповідно до формул (6.6 - 6.12), розраховується допустима концентрація зважених речовин в водах, які скидаються у водойму після вторинних радіальних відстійників. Концентрація зважених речовин повинна бути не більше,

ніж допустима концентрація, розрахована за формулою (5.12). Концентрація зважених речовин після вторинних відстійників складає:

$$C_{\text{ex}}^{\text{ЗВ}} = \frac{m_{\text{ex}}^{\text{ЗВ}}}{Q_{\text{ex}}}, \text{ кг/м}^3 (\text{г/м}^3) \quad (6.6)$$

$$C_{\text{ex}}^{\text{ЗВ}} = \frac{92,63}{2457,13} = 0,0378 \text{ кг/м}^3 = 37,78 \text{ г/м}^3$$

Маса вихідних зважених речовин розраховується за формулою:

$$m_{\text{ВХ}}^{\text{ЗВ}} = m_{\text{ВП}}^{\text{ЗВ}} - m_{\text{СКИД}}^{\text{ЗВ}}, \text{ кг/добу} \quad (6.7)$$

$$m_{\text{ВХ}}^{\text{ЗВ}} = 368,57 - 275,94 = 92,63 \text{ кг/добу}$$

Маса вхідних зважених речовин розраховується за формулою:

$$m_{\text{ЕН}}^{\text{ЗВ}} = C_{\text{ЕН}}^{\text{ЗВ}} \cdot Q_{\text{ЕН}}, \text{ кг/добу} \quad (6.8)$$

$$m_{\text{ВП}}^{\text{ЗВ}} = \frac{150 \cdot 2457,13}{1000} = 368,57 \text{ кг/год}$$

Маса скидів розраховується за формулою:

$$m_{\text{СКИД}}^{\text{ЗВ}} = P \cdot \eta_{\text{ЗВ}}, \text{ кг/добу} \quad (6.9)$$

де $\eta_{\text{ЗВ}}$, – доля зважених частинок в загальній масі відходів:

$$m_{\text{СКИД}}^{\text{ЗВ}} = 5520 \cdot 0,05 = 275,94 \text{ кг/добу}$$

$$\eta_{\text{ЗВ}} = \frac{100 - \eta_{\text{ВЛ}}}{100} \quad (6.10)$$

де $\eta_{\text{ЗВ}}$ – вологість скидів відходів, %.

$$\eta_{\text{ЗВ}} = \frac{100-95}{100} = 0,05\%$$

Скиди відходів мають середню густину $\rho=1000 \text{ кг/м}^3$, вологість – 95%. Маса відходів, яка знімається з решіток, визначається за формулою:

Витрата очищеної води визначається за формулою:

$$Q_{\text{ex}} = Q_{\text{ен}} - V_{\text{скид}}^{\text{H}_2\text{O}}, \text{ м}^3/\text{добу} \quad (6.11)$$

де $Q_{\text{ен}}$ – витрата стічної води, яка подається на очищення, $\text{м}^3/\text{добу}$;

$$Q_{\text{ex}} = 2457,13 - 5,24 = 2451,88 \text{ м}^3/\text{добу}$$

$V_{\text{скид}}^{H_2O}$ – об'єм води, який видаляється разом зі скидами, розраховується за формулою:

$$V_{\text{скид}}^{H_2O} = \frac{P \cdot \eta_{\text{вл}}}{\rho_{H_2O}}, \text{ м}^3/\text{добу} \quad (6.12)$$

$$V_{\text{скид}}^{H_2O} = \frac{5,52 \cdot 0,95}{1} = 5,24 \text{ м}^3/\text{добу}.$$

6.3) Об'єм забруднень, що характеризується кількістю кисню, який видаляється при відстоюванні за добу визначається за формулою (6.18):

$$W = \frac{Q_{en} \cdot (C_{en} - C_{ex})}{\left(\frac{100 - \eta_{\text{вл}}}{100}\right) p_{oc}}, \text{ м}^3/\text{добу} \quad (6.18)$$

$$W = \frac{2457,13 \cdot (581,4 - 85,53)}{\left(\frac{100 - 95}{100}\right) \cdot 1000000} = 24,37 \text{ м}^3/\text{добу}$$

Вологість осаду складає 95%, густина - $\rho = 1 \text{ г/см}^3 = 1000 \text{ кг/м}^3 = 1000000 \text{ г/м}^3$. Показник БСК_{повн} загального стоку $L_{en}^{\text{БСК}} = 581,4 \text{ г/м}^3$. Допустима величина БСК $L_{ex}^{\text{БСК}} = 85,53 \text{ мг/л}$. Маса забруднень, що характеризується кількістю кисню, визначається за формулою (6.19)

$$P = W \cdot p_{oc}, \text{ м/добу} \quad (6.19)$$

$$P = 24,37 \times 1000000 = 24,37 \text{ т/добу}$$

6.4) Відповідно до формул (6.6 - 6.12), розраховується величина БСК в водах в водах, які скидаються у водойму після вторинних радіальних відстійників. Величина БСК повинна бути не більше допустимого значення, розрахована за формулою (5.13). Концентрація зважених речовин після вторинних відстійників складає:

Величина БСК після вторинних відстійників складає:

$$L_{ex}^{\text{БСК}} = \frac{210,15}{2433,98} = 0,08634 \text{ кг/м}^3 = 86,34 \text{ г/м}^3$$

Маса вихідних забруднень, що характеризується кількістю кисню, після вторинних радіальних відстійників має значення:

$$m_{\text{ex}}^{\text{БСК}} = 1428,56 - 1218,41 = 210,15 \text{ кг/добу}$$

Маса вхідних забруднень, що характеризується кількістю кисню становить:

$$m_{\text{en}}^{\text{БСК}} = \frac{581,4 \cdot 2457,13}{1000} = 1428,56 \text{ кг/год}$$

Маса скидів забруднень, що характеризується кількістю кисню, після вторинних відстійників становить:

$$m_{\text{скид}}^{\text{БСК}} = 24,37 \cdot 0,05 = 1218,41 \text{ кг/добу}$$

Доля величини БСК η в загальній масі відходів становить:

$$\eta = \frac{100-95}{100} = 0,05\%$$

Витрата очищеної води становить:

$$Q_{\text{ex}} = 2457,13 - 23,15 = 2433,98 \text{ м}^3/\text{добу}$$

$V_{\text{скид}}^{H_2O}$ – об'єм води, який видаляється разом зі скидами забруднень, що характеризується кількістю кисню, після вторинних радіальних відстійників становить:

$$V_{\text{скид}}^{H_2O} = \frac{24,37 \cdot 0,95}{1000} = 23,15 \text{ м}^3/\text{добу}.$$

Таким чином, обирається 2 робочих вторинних відстійника діаметром 18 м. Витрата стічних вод після вторинних радіальних відстійників становить 2433,98 м³/добу. Об'єм води, який видаляється разом зі скидами – 23,15 м³/добу., маса скидів після вторинних відстійників становить – 1218,41 кг/добу. Концентрація зважених речовин після вторинних відстійників складає 37,78 г/м³, величина БСК становить 86,34 г/м³. Дані показники знаходяться в межах допустимих значень. Схема розташування споруд міської станції очистки стічних вод з розрахованими параметрами зображена на рисунку 6.1. Вона є типовою для більшості міських водоочисних споруд.[70].

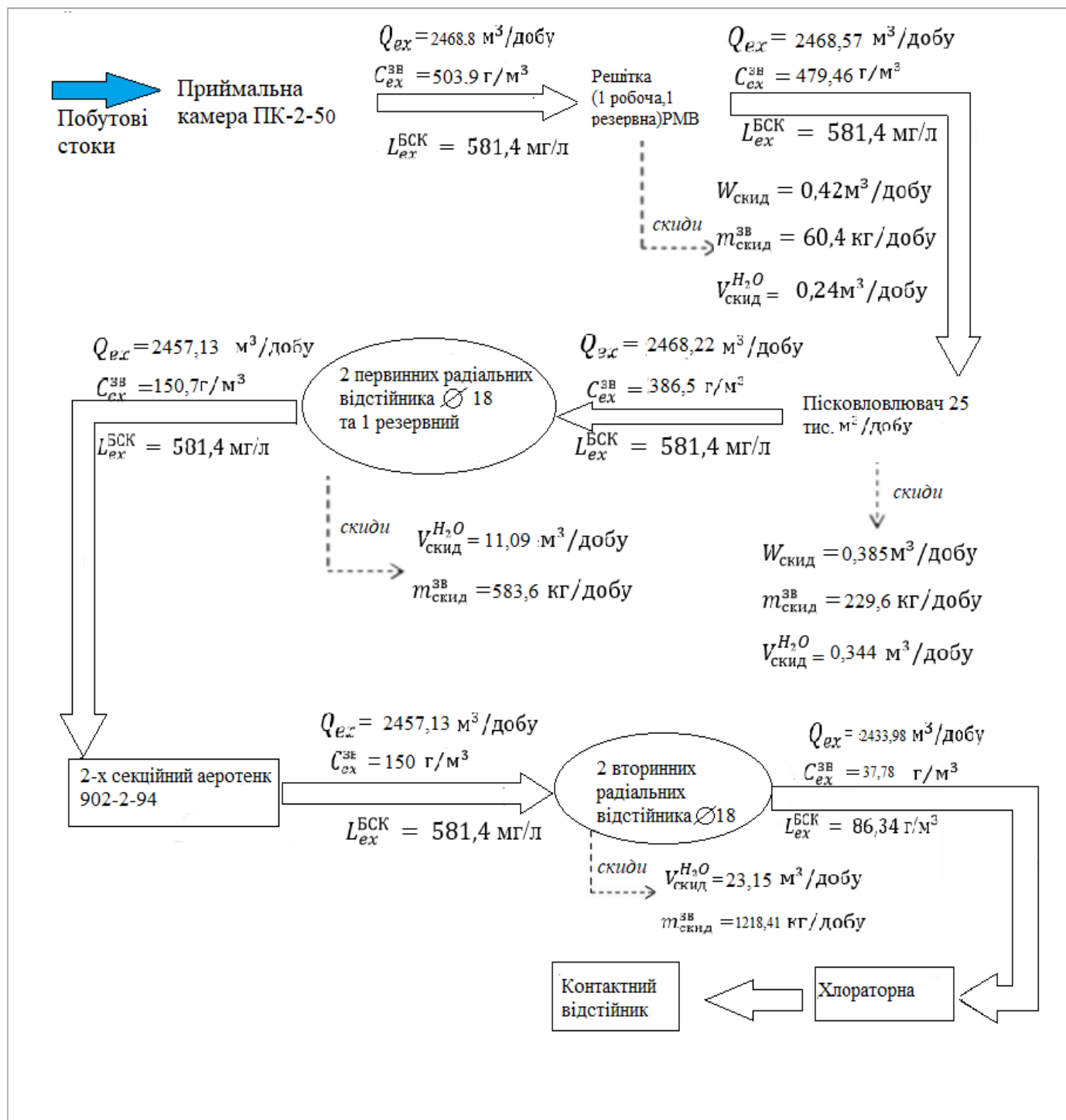


Рисунок 6.1 - Схема розташування споруд міської станції очистки стічних вод

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі було виконано всі поставлені завдання, а саме: проаналізовано актуальність роботи, досліджено природні умови, особливості району та гідрологічні характеристики річок Кільчень та Самара, оцінено якість води річки Кільчень з різних джерел, запропоновано практичні заходи водопідготовки та розроблено схему очищення стічних вод.

Перший розділ кваліфікаційної роботи присвячено актуальності дослідження. Забезпечення населення чистою питною водою є проблемою, як на глобальному рівні, так і в Україні. Україна знаходиться на 95 місці в міжнародному рейтингу забезпечення чистою питною водою. За проаналізованими дослідженнями питної води м. Підгородне зроблено висновки, що доочищена вода значно менше перевищує гранично допустимі значення та відповідно є безпечнішою для споживання аніж водопровідна, тому необхідно впроваджувати сучасні методи водопідготовки питної води.

В другому розділі досліджено природні умови м. Підгородне та детально охарактеризовано гідрологічні особливості району. Під час дослідження було виявлено, що якість ріки Кільчень та Самара знаходиться в незадовільному стані. Кільчень має повільну течію, заболочені береги, а в окремих місцях русло заростає та пересихає. У водах річки виявлено перевищення за хімічним споживанням кисню, мінералізацією, за вмістом заліза, сульфатів, нітратів та наявність важких металів, таких як свинець, кадмій та нікель. В ході дослідження також було виявлено, що в річці фіксуються випадки цвітіння води, зниження прозорості та поява неприємного запаху. Ріка Самара, в яку впадає Кільчень, незважаючи на більшу водність також перебуває в незадовільному стані. Через скиди стічних вод, стоки з сільськогосподарських угідь та інші чинники в водоймі фіксуються перевищення гранично допустимих концентрацій за вмістом фосфатів, фторидів,

заліза та спостерігається наявність нафтопродуктів та органічного забруднення. Через забруднення цих річок та відповідно погіршення якості води та санітарних умов необхідно вживати всі можливі заходи для покращення як загального стану річок так і якості води безпосередньо.

В третьому розділі було охарактеризовано показники якості води, такі як фізичні, хімічні та мікробіологічні. Проаналізовано результати досліджень, які вказали на перевищення нормативів з відібраних проб води, за жорсткістю, вмістом заліза, сухим залишком, хлоридами та на наявність мікробіологічного забруднення. За усередненими значеннями по рокам зафіксованих перевищень показників було встановлено, що при гранично допустимому значенні рівню сухого залишку $\geq 1500 \text{ мг/дм}^3$, у 2022, 2023, та 2024 роках були зафіксовані перевищення на 448 мг/дм^3 , 139 мг/дм^3 , 749 мг/дм^3 відповідно. За гранично допустимим значенням рівню загальної жорсткості $\geq 10 \text{ ммоль/дм}^3$, у 2022, 2023, та 2024 роках були зафіксовані перевищення на $7,3 \text{ ммоль/дм}^3$, $5,5 \text{ ммоль/дм}^3$, $8,8 \text{ ммоль/дм}^3$ відповідно. Перевищення були зафіксовані також за вмістом хлоридів при ГДК $\geq 250 \text{ мг/дм}^3$, значення впродовж двох років були перевищені на 100 мг/дм^3 у 2022-23рр та на $167,5 \text{ мг/дм}^3$ у 2024 році. Результати досліджень також показали перевищений показник за перманганатною окиснюваністю, у 2022-13 $\text{мгO}_2/\text{дм}^3$ (перевищення на $8 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$) при ГДК $5 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$. Рівень забарвленості води у 2022 році склав всередньому 46° (перевищення на 11°) при ГДК $\geq 35^\circ$. Також у 2022 та 2023 році було виявлено загальні коліформи у воді, у 2022 році значення становили 182,28 та 136 КУО/100 см^3 . У 2024 році було зафіксовано підвищений вміст марганцю на $0,211 \text{ мг/дм}^3$ ($0,711 \text{ мг/дм}^3$ при ГДК $\geq 0,5 \text{ мг/дм}^3$) та фторидів на $0,66 \text{ мг/дм}^3$ ($2,16 \text{ мг/дм}^3$ при ГДК $\geq 1,5 \text{ мг/дм}^3$). За отриманими результатами дійшла до тверджень про необхідність покращення системи водопідготовки.

У четвертому розділі проаналізовано технічні рішення, які полягають у застосуванні сучасних технологій підготовки питної води. Зокрема комплекс коагуляційних, фільтраційних та знезаражувальних процесів. Було розглянуто

стандартну схему очищення, за якою вода проходить обробку через відстійники, камеру рекреації, фільтри та знезаражується. За розглянутими показниками третього розділу та природними умовами міста було обрано методи для очищення води: використання УФ-опромінення або ж озонування. Також через високий рівень вмісту марганцю та заліза потрібно використовувати установки знезалізення. Системи очистки *Ecosoft* вибрано як найбільш доцільний варіант - модель *Modul*, в кількості 5 установок. Обрано три типи фільтрів: *Ecosoft FK1252CIMIXA* (видаляє залізо, марганець, солі жорсткості, амоній та знижує кольоровість води); *Ecosoft FPA1665CT* (працює на основі активованого вугілля, яке поглинає органічні речовини та сорбує залишку хлору з покращенням запаху та смагу води); *Ecosoft UV System* (для знищення бактерій, вірусів та інших мікроорганізмів без використання хімічних реагентів) загальна кількість - 10 точок фільтрації (950 000 грн).

П'ятий та шостий розділи присвячено очищенню стічних вод. Було встановлено, що наявна система водовідведення міста функціонує не повноцінно, а стоки транспортуються до іншого міста на підприємство «КОМ СІТІ», де за попередніми даними здійснюють лише механічне очищення. Обґрунтовано необхідність проектування локальної системи очищення, визначено необхідний ступінь очищення, за проведеними розрахунками розроблена схема повного циклу очищення для міста та визначено оптимальну ділянку для проектування споруд. Визначено, що ступінь очищення стічних вод від зважених речовин повинен складати не менше 92,52%, а від органічних забруднень - 85,29%. При цьому концентрація зважених речовин в очищених водах дорівнюватиме 37,698 г/м³, вміст органічних речовин - 85,53 мг/л, вміст розчиненого у воді кисню - 1104,65мг/л.

Прийнято приймальну камеру марки ПК-2-50 з пропускною здатністю 393 л/с; решітку РМВ з пропускною здатністю 17000 м³/добу (1 робочу та 1 резервну решітку); пісковловлювач з пропускною здатністю 25000 м³/добу (як найменший); 2 робочих та 1 резервний первинних відстійника діаметром 18 м; 2-х

секційний аеротенк за проектом 902-2-94 з 2 коридорами; 2 робочих вторинних відстійника діаметром 18 м. Витрата стічних вод після решіток склала $2468,57 \text{ м}^3/\text{добу}$, величина БСК - $581,4 \text{ м}^3/\text{добу}$, концентрація зважених речовин становить $472,51 \text{ г/м}^3$. Добова витрата скидів з решіток має значення $0,4 \text{ м}^3/\text{добу}$, об'єм води який видаляється разом зі скидами - $0,23 \text{ м}^3/\text{добу}$, маса скидів становить $57,6 \text{ кг/добу}$. Витрата стічних вод після первинних радіальних відстійників склала $2457,13 \text{ м}^3/\text{добу}$, концентрація зважених речовин сягла 150 г/м^3 , величина БСК - $581,4 \text{ м}^3/\text{добу}$. Об'єм води, який видаляється разом зі скидами - $11,09 \text{ м}^3/\text{добу}$, маса скидів становила $583,68 \text{ кг/добу}$. Витрата стічних вод після аеротенка склала $2457,13 \text{ м}^3/\text{добу}$, концентрація зважених речовин сягає 150 г/м^3 , величина БСК - $581,4 \text{ м}^3/\text{добу}$. Витрата стічних вод після вторинних радіальних відстійників становила $2433,98 \text{ м}^3/\text{добу}$. Об'єм води, який видаляється разом зі скидами - $23,15 \text{ м}^3/\text{добу}$, маса скидів після вторинних відстійників становила - $1218,41 \text{ кг/добу}$. Концентрація зважених речовин після вторинних відстійників склала $37,78 \text{ г/м}^3$, величина БСК становила $86,34 \text{ г/м}^3$.

Впровадження результатів кваліфікаційної роботи дозволить покращити екологічний стан регіону, підвищити рівень життя населення та досягти деяких цілей сталого розвитку у сфері водокористування.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Сучасні методи локальної водопідготовки: матеріали онлайн-курсу/ Центр сучасних водних технологій ім. Ігоря Сікорського. URL: <https://waternet.ua> (дата звернення: 18.03.2025).
2. Національна доповідь про якість питної води та стан питного водопостачання та водовідведення в Україні у 2023 році. - Київ, 2023. - 438 с. URL: <https://surl.li/prpbhy> (дата звернення: 18.03.2025).
3. Національна доповідь про якість питної води та стан питного водопостачання та в Україні у 2013 році. - Київ, 2013. – 454 с. URL: <https://surl.li/simpyp> (дата звернення: 18.03.2025).
4. Національна доповідь про якість питної води та стан питного водопостачання та в Україні у 2016 році. - Київ, 2016. – 407 с. URL: <https://surl.li/kymomk> (дата звернення: 18.03.2025).
5. Національна доповідь про якість питної води та стан питного водопостачання та в Україні у 2019 році. - Київ, 2019. – 353 с. URL: <https://surl.li/luavpv> (дата звернення: 18.03.2025).
6. Рублевська Н., Ковальська Ю., Швед Н. & Рублевський О. Гігієнічна оцінка очищеної питної води. Сучасна інженерія та інноваційні технології, 2024. № 3 (35-03). С. 87-92. URL: <https://doi.org/10.30890/2567-5273.2024-35-00-024> (дата звернення: 20.03.2025).
7. Яцик А.В., Грищенко Ю.М., Волкова Л.А., Пашенюк І.А. Водні ресурси: використання, охорона, відтворення, управління: підручник. Київ: Генеза, 2007. 360 с.
8. Евтрофікація. Вікіпедія – вільна енциклопедія. – URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Евтрофікація> (дата звернення: 20.03.2025)
9. Типи забруднення води і їх наслідки. Akvantis. – URL: <https://akvantis.com.ua/statii-obzory/tipy-zagryazneniya-vody-i-ih-posledstviya-ua> (дата звернення: 20.03.2025)

10. Методичні вказівки до самостійної роботи з дисципліни «Теоретичні основи водопідготовки» Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2013. 20 с.
11. Water Quality: Guidelines, Standards and Health. Assessment of risk and risk management for water-related infectious disease / ed. by Lorna Fewtrell, Jamie Bartram. London: IWA Publishing, 2001. 296 p. – URL: <https://watermark.silverchair.com/wio9781789062724.pdf> (дата звернення: 22.03.2025)
12. Шестопалов В. М. Водопостачання та водовідведення: підручник. Київ: Вища школа, 2008. 352 с.
13. Сафронов Ю.О. Водопостачання та водовідведення. Харків: ХНУБА, 2009. 248 с.
14. Всесвітня організація охорони здоров'я. Вода, санітарія та гігієна в Україні: оцінка ситуації та стратегічні напрями дій. 2025. 52 с. – URL: <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/380768/WHO-EURO-2025-37084-37084-78064-ukr.pdf> (дата звернення: 22.03.2025)
15. Spellman F.R. Handbook of Water and Wastewater Treatment Plant Operations. Boca Raton: CRC Press, 2013. 872 p.
16. Guidelines for Drinking-Water Quality. 4th ed. incorporating the 1st Addendum. Recommendations. Geneva, Switzerland: World Health Organization, 2017. – 631 p.
17. Який метод очищення стічних вод необхідно застосовувати на підприємстві // Ecolog-ua.com. URL: <https://ecolog-ua.com/news/yakyy-metod-ochyshchennya-stichnyh-vod-neobhidno-zastosovuvaty-na-pidpryyemstvi> (дата звернення: 24.03.2025)
18. Водопідготовка: навч. посіб. / В.В. Дорошенко, І.Г. Коцюба, Т.О. Єльнікова, О.І. Уваєва. Житомир: Державний університет «Житомирська політехніка», 2020. 153 с.
19. Буртна І.А., Литвиненко Д.В. Огляд мембранних технологій очистки води у водопостачанні та водопідготовці / І.А. Буртна // Східноєвропейський журнал передових технологій. 2012. №6/10 (60). С. 45-49
20. Тимошик А.М., Ціж Б.Р., Варивода Ю.Ю., Чохань М.І. Виробництво біогазу. навч. посіб. Львів: Видавництво ЛНУВМ та БТ ім. С. З. Гжицького, 2019. 52с.

21. Саблій Л. А., Жукова В. С., Бунчак О. М. Біологічне очищення промислових стічних вод // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну, 2010. № 5 (т. 3). С. 42-46.
22. García H., Rico C., García P.A., Rico J.L. Flocculants effect in biomass retention in a UASB reactor treating dairy manure // Bioresour. Technol. 2008. Vol. 99, № 14. P. 6028-6036
23. Bal A. S., Dhagat N. N. Upflow anaerobic sludge blanket reactor – a review // Indian J. Environ. Health. 2001. № 43(2). P. 75–105.
- 24 Pasma technology for water treatment: fundamentals and applications / eds. S. Wang, X. Zhang. Cham: Springer, 2023. 350 p.
25. Петров С. В., Бондаренко С. Г., Саванчук О. В., Янюк В. А. Процес плазмохімічного очищення води. 2012. 46 с.
26. Паспорт Дніпропетровської області / Дніпропетровська обласна державна адміністрація. Дніпро, 2021. URL: <https://adm.dp.gov.ua/pro-oblast/dnipropetrovshina/pasport-oblasti> (дата звернення: 30.03.2025).
27. Звіт про стратегічну екологічну оцінку документу державного планування: генеральний план та план зонування території м. Підгородне Дніпровського району Дніпропетровської області. Розділ «Охорона навколишнього природного середовища» [Проект]. Київ, 2021. 111 с.
28. Кобеляцький В. Г., Пилипенко І. А. Природні умови України. Київ : Освіта, 2006. 216 с.
29. Екологічна карта України. Екологічний стан. Стійкість природного середовища. Стійкість ґрунтів // GeoMap. URL: <https://geomap.land.kiev.ua/ecology-10-3.html> (дата звернення: 30.03.2025).
30. Екологічна карта України. Екологічний стан. Забрудненість природного середовища. Пестицидом навантаженість ґрунтів // GeoMap. URL: <https://geomap.land.kiev.ua/ecology-9.html> (дата звернення: 30.03.2025).
31. Підгородне // Вікіпедія: вільна енциклопедія. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Підгородне> (дата звернення: 31.03.2025).

32. Мельничук І. Г. Ландшафтознавство і краєзнавство: наук-метод. література. Київ: Логос, 2013. 244 с.
33. Кільчень (річка) // Вікіпедія : вільна енциклопедія. 2024. URL: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Кільчень_\(річка\)](https://uk.wikipedia.org/wiki/Кільчень_(річка)) (дата звернення: 01.04.2025).
34. Кільчень / В. В. Дем'янов // Енциклопедія Сучасної України / редкол.: І. М. Дзюба, А. І. Жуковський, М. Г. Железняк [та ін.] ; НАН України, НТШ. Київ : Інститут енциклопедичних досліджень НАН України, 2013. URL: <https://esu.com.ua/article-6859> (дата звернення: 01.04.2025).
35. Google Earth. Ріка Кільчень, Дніпропетровська область, Україна. URL: <https://www.google.com.ua/earth/> (дата звернення: 01.04.2025).
36. . Хімічні відходи чи цвітіння води: на Дніпропетровщині погіршився стан річки Кільчень // Суспільне Новини. 2023. URL: <https://suspilne.media/dnipro/296610-himicni-vidhodi-ci-cvitinna-vodi-na-dnipropetrovsini-pogirshivsa-stan-richki-kilcen/> (дата звернення: 01.04.2025).
37. У передмісті Дніпра мешканці скаржаться на забруднення річки Кільчень // OpenTV.media. 2023. URL: <https://opentv.media/ua/u-peredmisti-dnipra-meshkantsi-zhaliyutsya-na-zabrudnennya-richki-kilchen> (дата звернення: 01.04.2025)
38. Небезпечна інфекція: мешканцям Дніпра не радять купатися в річці Кільчень // 9 канал. 2022. URL: <https://9-channel.com/2022/06/24/небезпечна-інфекція-мешканцям-дніпр/> (дата звернення: 01.04.2025).
39. Про невідповідність санітарним вимогам води річки Кільчень // Підгородненська міська рада. 2024. URL: <https://pidgorodne.otg.dp.gov.ua/novini-ta-podiyi/novini/pro-nevidpovidnist-sanitarnym-vymoham-vody-richky-kilchen> (дата звернення: 01.04.2025).
40. Що знайшли у поверхневих водах, у Підгородному? / Ірина Мудренко // Центр екологічного моніторингу. 2024. URL: <https://ecomonitoring.info/shcho-znayshly-u-poverkhnevykh-vodakh-u-pidho/> (дата звернення: 01.04.2025).
41. Самара (притока Дніпра) // Вікіпедія : вільна енциклопедія. 2024. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Самара> (дата звернення: 04.04.2025).

42. Офіційний сайт ПРАТ «ДТЕК ПАВЛОГРАДВУГІЛЛЯ». Київ : ПРАТ «ДТЕК ПАВЛОГРАДВУГІЛЛЯ», 2019. URL: <https://dtek.com/ua/about/> (дата звернення: 04.04.2025).
43. Тарасенко С. Н., Кочет В. Н., Загубиженко Н. І., Мисюра А. Н. Оцінка забруднення води та донних відкладів р. Самара важкими металами // Вісник Дніпропетровського університету. Біологія. Екологія. 1997. Вип. 3. С. 87–94.
44. Vorotyntseva L., Baliuk S., Momot H., Ahasova A. Use of bottom sediments from fishery water bodies to improve the condition of agricultural lands and restore lands damaged during military actions. 2023. URL: https://www.researchgate.net/publication/377078876_Use_of_bottom_sediments_from_fishery_water_bodies_to_improve_the_condition_of_agricultural_land_and_restore_lands_damaged_during_military_actions (дата звернення: 04.04.2025).
45. Стратегія розвитку Підгородненської територіальної громади на період 2020–2027 роки. Підгородне, 2020. 95 с. URL: <https://pidgorodne.otg.dp.gov.ua/storage/app/uploads/public/601/002/9d4/6010029d4daaa345991957.pdf> (дата звернення: 07.04.2025).
46. Про затвердження Державних санітарних норм та правил "Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною" (ДСанПіН 2.2.4-171-10) : наказ від 12 трав. 2010 р. № 400. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0452-10#Text> (дата звернення: 07.04.2025).
47. Забрудненість поверхневих вод України. URL: <https://geomap.land.kiev.ua/ecology-7.html> (дата звернення: 07.04.2025).
48. Проблеми забруднення поверхневих, підземних і стічних вод та заходи щодо їх ліквідації і запобігання в Україні // Електронний архів НаУКМА. URL: <https://ekmair.ukma.edu.ua/server/api/core/bitstreams/3960536b-e8fb-4670-bf7e-7c9a2d09e67d/content> (дата звернення: 07.04.2025).

49. Бараннік А. Є. Покращення якості питної води у м. Підгородне та Новомосковському районі Дніпропетровської області шляхом впровадження мобільних та модульних систем очищення Ecosoft : наукова кваліфікаційна робота. Дніпро, 2024. 36 с.
50. Фасована вода // Вікіпедія : вільна енциклопедія. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Фасована_вода (дата звернення: 08.04.2025).
51. Про питну воду та питне водопостачання : Закон України від 10 січ. 2002 р. № 2918-III // Відомості Верховної Ради України. 2002. № 16. Ст. 11.
52. Мінералізація води // Велика українська енциклопедія. URL: https://vue.gov.ua/Мінералізація_води (дата звернення: 13.04.2025).
53. World Health Organization. Hardness in Drinking-water. Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality. URL: https://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/chemicals/hardness.pdf (дата звернення: 13.04.2025).
54. Хлориди у воді: вплив, норми, способи видалення // Waterhouse. URL: <https://www.waterhouse.kiev.ua/articles/xloridi-u-vodi/> (дата звернення: 14.04.2025).
55. Вплив хімічного складу води питної на здоров'я населення // Казанківська селищна рада. URL: <https://kazanka-gromada.gov.ua/news/1707392142/> (дата звернення: 14.04.2025).
56. Марганець у воді: норми, вплив, методи очищення // Ecosoft. URL: <https://ecosoft.ua/blog/marganets-u-vodi/> (дата звернення: 14.04.2025).
57. Вплив фторидів на здоров'я людини // Центр громадського здоров'я МОЗ України. URL: <https://phc.org.ua/news/vplyv-ftorydiv-na-zdorovya> (дата звернення: 15.04.2025).
58. Пономаренко Р. В. Науково-теоретичні основи зниження техногенного навантаження на системи водопостачання регіону з урахуванням основних

59. Jar Tests for Water Treatment Optimisation. How to Perform Jar Tests : a handbook / International Water Association. London : IWA Publishing, 2022. 73 с.
60. Резвих Н. І. Аналіз сучасних напрямів водопідготовки питної високоякісної води та зразки технологічних схем // Вісник Херсонського національного технічного університету. 2019. № 4 (66). С. 97–102. URL: <https://journals.ksauniv.ks.ua/index.php/tech/article/view/430> (дата звернення: 23.04.2025).
61. Семенов А. О., Попов С. В., Сахно Т. В., Тарасенко Д. С. Ультрафіолет: сфери використання та джерела випромінювання // Статті з УФ-технологій та озонування. URL: <https://www.waterlight.pro/uf-znezarazhennya-vody/uf-tehnologiyi-i-ozonuvannya-statti> (дата звернення: 23.04.2025).
62. ДБН В.2.5–74:2013. Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. Київ : Мінрегіон України, 2013. 38 с.
63. Макарова Т. К., Бараннік А. Є., Макаров А. В. Якість питної води та удосконалення технології водопідготовки у Самарівському районі Дніпропетровської області // Технології захисту навколишнього середовища. 2025. № 1. С. 61–69. URL: <https://khg.kname.edu.ua/index.php/khg/article/view/6448/6369> (дата звернення: 27.04.2025).
64. Ecosoft – офіційний сайт. URL: <https://ecosoft.ua> (дата звернення: 27.04.2025).
65. Підгородне МПУВ : містобудівна, природоохоронна документація (внутрішній звіт громади). Підгородненська міська рада, 2025.
66. Центр екологічного моніторингу. Звіт щодо якості поверхневих вод р. Самара, 17.04.2025 р. Дніпро, 2025.
67. ДСП 173-96. Державні санітарні правила планування та забудови населених пунктів. Київ : МОЗ України, 1996.

68. Водний кодекс України від 06 черв. 1995 р. № 213/95-ВР. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/213/95-вр> (дата звернення: 04.05.2025).
69. Про затвердження Інструкції з проєктування очисних споруд : наказ Мінрегіону України № 15 від 01 лют. 2012 р.
70. Методичні вказівки до курсового проєкту з дисципліни «Техноекологія», складені на основі освітньо-професійної програми підготовки бакалаврів за спеціальністю 101 Екологія. ДДАЕУ, 2019. 28 с.
71. Технологія очищення стічних вод / техн. ред. Одеса : Одеська облдержадміністрація, Управління ЖКГ, 2013. 75 с. (Технічні рекомендації). URL: https://oblghk.od.gov.ua/wp-content/uploads/old-files/data/tech_och_st_vod.pdf (дата звернення: 23.05.2025)

ДОДАТКИ



МІНІСТЕРСТВО ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я
УКРАЇНИ

Відокремлений структурний підрозділ
«Дніпровський районний відділ ДУ
«Дніпропетровський
обласний центр контролю та профілактики
хвороб МОЗ України»
(ВСП «Дніпровський РВ
ДУ «Дніпропетровський ОЦКПХ МОЗ»)
пр.Петра Калнишевського, 26-а, м. Дніпро, 49051,
тел. (056) 788 07 63,
e-mail: dofc.vsp.5@phc.dp.ua,
Код ЄДРПОУ 38529250

Начальнику
ГУ Держпродспоживслужби
У Дніпропетровській області
Василіу ПРИХОДЬКУ

(для начальника Дніпровського міського
управління ГУ Держпродспоживслужби
Володимира БОБРОВА)

04.11.22р №1.0.1/ 522 9

«Щодо невідповідності результатів
лабораторних досліджень води питної
нормативним вимогам»

На виконання розділу 2 п.10 «Регламенту взаємодії територіальних органів Державної служби з питань безпечності харчових продуктів та захисту споживачів та державних установ Міністерства охорони здоров'я України» (далі Регламент) інформую Вас, що за результатами лабораторних досліджень води питної:

- м. Підгородне, вул. Дніпровська, 22, протокол №412 від 24.10.22р. – забарвленість 46,5% (при нормі не більше 35%), перманганатна окиснюваність – 15,2 мгО₂/дм³ (при нормі не більше 5,0 мгО₂/дм³), жорсткість загальна – 14,5 ммоль/дм³ (при нормі не більше 10,0 ммоль/дм³), сухий залишок – 1747,0 мг/дм³ (при нормі не більше 1500,0 мг/дм³);
- м. Підгородне, вул. Кобзарська, 185, протокол №411 від 24.10.22р. – жорсткість загальна – 23,0 ммоль/дм³ (при нормі не більше 10,0 ммоль/дм³), сухий залишок – 2135,5 мг/дм³ (при нормі не більше 1500,0 мг/дм³);
- м. Підгородне, вул. Лебедина, 67, протокол №410 від 24.10.22р. – перманганатна окиснюваність – 13,6 мгО₂/дм³ (при нормі не більше 5,0 мгО₂/дм³), жорсткість загальна – 25,5 ммоль/дм³ (при нормі не більше 10,0 ммоль/дм³), сухий залишок – 2375,5 мг/дм³ (при нормі не більше 1500,0 мг/дм³), хлориди 405,0 мг/дм³ (при нормі не більше 350,0 мг/дм³);
- м. Підгородне, вул. Крайня, протокол №409 від 24.10.22р. – жорсткість загальна – 10,5 ммоль/дм³ (при нормі не більше 10,0 ммоль/дм³);
- м. Підгородне, КЗ «Південукргеологія», на розі вул. Геологів та вул. Шосейна, протокол №408 від 24.10.22р. – запах 20⁰С – 3 (при нормі не більше – 2), запах 60⁰С – 3 (при нормі не більше – 2), присмак 3 (при нормі – не більше 2), забарвленість більше 70⁰ (при нормі не більше 20⁰), каламутність – 2,4 мг/дм³, жорсткість загальна – 13,5 ммоль/дм³ (при нормі не більше 7,0 ммоль/дм³), сухий залишок – 1594,0 мг/дм³ (при нормі не більше 1000,0 мг/дм³), хлориди 355,0 мг/дм³ (при нормі не більше 250,0 мг/дм³);

UB Головне управління
Держпродспоживслужби в
Дніпропетровській області
№14177 від 08.11.20
арк.1

- м. Підгородне, ОСББ «Світанок», протокол №407 від 24.10.22р. – жорсткість загальна – $16,5 \text{ ммоль/дм}^3$ (при нормі не більше $7,0 \text{ ммоль/дм}^3$), сухий залишок – $1888,5 \text{ мг/дм}^3$ (при нормі не більше $1000,0 \text{ мг/дм}^3$), хлориди $290,0 \text{ мг/дм}^3$ (при нормі не більше $250,0 \text{ мг/дм}^3$);
- м. Підгородне, вул. Лебедина, 67, протокол №379 від 20.10.22р. – ЗКФ (загальні колі форми) - 182 КУО/100см^3 – (при нормі - відсутність);
- м. Підгородне, вул. Дніпровська, 22, протокол №377 від 20.10.22р. – ЗКФ (загальні колі форми) - 28 КУО/100см^3 – (при нормі - відсутність);
- с. Спаське, вул. Козинця, 74 –б, протокол №385 від 24.10.22р. – ЗКФ (загальні колі форми) - 136 КУО/100см^3 – (при нормі - відсутність).

Вода не відповідає вимогам ДСанПіН №2.2.4-171-10 зі змінами.

У відповідності до «Регламенту...» прошу Вас надати відповідну інформацію про проведені заходи.

Завідувач ВСП «Дніпровський РВ
ДУ «Дніпропетровський
ОЦКПХ МОЗ»

Наталія ЛЕБЕДИНСЬКА

Виконавець:
Максим СЕМЕНЯК
Тел. 0567880763



НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
КПІ ім. ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО
ЛАБОРАТОРІЯ ІОННОГО ОБМІНУ ТА АДСОРБЦІЇ ХТФ
Свідоцтво № ПТ-191/23 від 29.05.2023 р., Укрметртестстандарт

✉ 03056, м. Київ, пр. Перемоги, 37, корп. 4, к. 117
☎ (044) 204 83 22
☎ (067) 656 24 71 (viber)
✉ lab@voda.com.ua

ЛАБОРАТОРІЯ
ІОННОГО ОБМІНУ
ТА АДСОРБЦІЇ
ХТФ НТУУ КПІ

№ 23-1/05 від 23.05.2024

ЗАМОВНИК: Waternet

(Підгородненська міська рада, м. Підгородне, Дніпропетровська область, вул. Щаслива 1, ОСББ "Кільчень-1", свердловина 12 м)

РЕЗУЛЬТАТИ АНАЛІЗУ НАДАНОЇ ПРОБИ ВОДИ:

Найменування показника	Значення показника			
	фактичне	за ДСанПІН 2.2.4-171-10*		
		водопровідної**	з колодязів та каптажів джерел ***	фасованої, з пунктів розливу та бюветів
Запах при 20 °С, бали	0	≤ 2	≤ 3	≤ 0 (2)
pH	7,59	6,5-8,5	6,5-8,5	6,5-8,5 (≥ 4,5)
Забарвленість, градуси	7,00	≤ 20 (35)	≤ 35	≤ 10 (20)
Каламутність, нефелометрична одиниця каламутності (1 НОК = 0,58 мг/дм³)	0,30	≤ 1,0-3,5 ≤ 2,6-3,5 - для підземного вододжерела	≤ 3,5	≤ 0,5 (1)
Жорсткість загальна, ммоль/дм³	14,800	≤ 7 (10)	≤ 10	≤ 7
Лужність загальна, ммоль/дм³	10,280	не визначається	не визначається	≤ 6,5
Залізо загальне, мг/дм³	0,048	≤ 0,2 (1,0)	≤ 1,0	≤ 0,2
Марганець, мг/дм³	0,075	≤ 0,05 (0,5)	≤ 0,5	≤ 0,05
Хлориди, мг/дм³	444,00	≤ 250 (350)	≤ 350	≤ 250
Нітрати, мг/дм³	30,00	≤ 50	≤ 50	≤ 10 (50)
Перманганатна окиснюваність, мг/дм³	1,80	≤ 5,0	-	-
Сухий залишок, мг/дм³	2 466,00	≤ 1000 (1500)	≤ 1500	≤ 1000

Продовження додатку Б

Фториди, мг/дм ³	2,540	для кліматичних зон: IV ≤ 0,7 III ≤ 1,2 II ≤ 1,5	≤ 1,5	≤ 1,5-5 для кліматичних зон: IV ≤ 0,7 III ≤ 1,2 II ≤ 1,5
-----------------------------	-------	---	-------	--

*ДСАНПІН 2.2.4-171-10 "Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною"

**Максимальний рівень нормативів застосовується в окремих випадках, що пов'язані з особливими природними умовами та технологією підготовки питної води, що не дозволяє довести якість питної води до жорсткішого нормативу, про що повинно бути зазначено у технологічному регламенті або іншому документі з описом технологічного процесу виробництва питної води.

***Трубчастий колодязь (свердловина) - інженерна споруда, що є вертикальною виробкою з невеликим розміром поперечного перерізу круглої форми, що призначена для забору підземних вод, розташованих на різній глибині.

****Всесвітня організація охорони здоров'я встановлює ГДК сірководню в питній воді на рівні 0,05 мг/дм³.

В.о. зав. лабораторією, к.х.н.



Сергій ВАСИЛЮК

Продовження додатку Б



НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
КПІ ім. ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО
ЛАБОРАТОРІЯ ІОННОГО ОБМІНУ ТА АДСОРБЦІЇ ХТФ
Свідоцтво № ПТ-191/23 від 29.05.2023 р., Укрметртестстандарт

✉ 03056, м. Київ, пр. Перемоги, 37, корп. 4, к. 117
☎ (044) 204 83 22
☎ (067) 656 24 71 (viber)
✉ lab@voda.com.ua

ЛАБОРАТОРІЯ
ІОННОГО ОБМІНУ
ТА АДСОРБЦІЇ
ХТФ НІУУ, КПІ

№ 23-3/05 від 23.05.2024

ЗАМОВНИК: Waternet

(м. Підгородне, Дніпропетровська область, вул. Партизанська 103, ОСББ "Світанок-7", свердловина 28 м)

РЕЗУЛЬТАТИ АНАЛІЗУ НАДАНОЇ ПРОБИ ВОДИ:

Найменування показника	Значення показника			
	фактичне	за ДСанПІН 2.2.4-171-10*		
		водопровідної**	з колодязів та каптажів джерел***	фасованої, з пунктів розливу та бюветів
Запах при 20 °С, бали	0	≤ 2	≤ 3	≤ 0 (2)
рН	7,57	6,5-8,5	6,5-8,5	6,5-8,5 (≥ 4,5)
Забарвленість, градуси	4,00	≤ 20 (35)	≤ 35	≤ 10 (20)
Каламутність, нефелометрична одиниця каламутності (1 НОК = 0,58 мг/дм³)	0,40	≤ 1,0-3,5 ≤ 2,6-3,5 - для підземного вододжерела	≤ 3,5	≤ 0,5 (1)
Жорсткість загальна, ммоль/дм³	20,200	≤ 7 (10)	≤ 10	≤ 7
Лужність загальна, ммоль/дм³	8,120	не визначається	не визначається	≤ 6,5
Залізо загальне, мг/дм³	0,315	≤ 0,2 (1,0)	≤ 1,0	≤ 0,2
Марганець, мг/дм³	0,010	≤ 0,05 (0,5)	≤ 0,5	≤ 0,05
Хлориди, мг/дм³	267,00	≤ 250 (350)	≤ 350	≤ 250
Нітрати, мг/дм³	31,00	≤ 50	≤ 50	≤ 10 (50)
Перманганатна окиснюваність, мг/дм³	1,65	≤ 5,0	-	-
Сухий залишок, мг/дм³	2 088,00	≤ 1000 (1500)	≤ 1500	≤ 1000

Продовження додатку Б

Фториди, мг/дм ³	1,900	для кліматичних зон: IV ≤ 0,7 III ≤ 1,2 II ≤ 1,5	≤ 1,5	≤ 1,5-5 для кліматичних зон: IV ≤ 0,7 III ≤ 1,2 II ≤ 1,5
-----------------------------	-------	---	-------	--

*ДСАНПІН 2.2.4-171-10 "Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною"

**Максимальний рівень нормативів застосовується в окремих випадках, що пов'язані з особливими природними умовами та технологією підготовки питної води, що не дозволяє довести якість питної води до жорсткішого нормативу, про що повинно бути зазначено у технологічному регламенті або іншому документі з описом технологічного процесу виробництва питної води.

***Трубчастий колодязь (свердловина) - інженерна споруда, що є вертикальною виробкою з невеликим розміром поперечного перерізу круглої форми, що призначена для забору підземних вод, розташованих на різній глибині.

****Всесвітня організація охорони здоров'я встановлює ГДК сірководню в питній воді на рівні 0,05 мг/дм³.

В.о. зав. лабораторією, к.х.н.



Сергій ВАСИЛЮК

Продовження додатку Б



НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
КПІ ім. ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО
ЛАБОРАТОРІЯ ІОННОГО ОБМІНУ ТА АДСОРБЦІЇ ХТФ
Свідоцтво № ПТ-191/23 від 29.05.2023 р., Укрметрестандарт

✉ 03056, м. Київ, пр. Перемоги, 37, корп. 4, к. 117
☎ (044) 204 83 22
☎ (067) 656 24 71 (viber)
✉ lab@voda.com.ua

ЛАБОРАТОРІЯ
ІОННОГО ОБМІНУ
ТА АДСОРБЦІЇ
ХТФ НТУУ, КПІ

№ 23-2/05 від 23.05.2024

ЗАМОВНИК: Waternet

(Підгородненська міська рада, м. Підгородне, Дніпропетровська область, вул. Литвишка 25, свердловина 16 м)

РЕЗУЛЬТАТИ АНАЛІЗУ НАДАНОЇ ПРОБИ ВОДИ:

Найменування показника	Значення показника			
	фактичне	за ДСанПІН 2.2.4-171-10*		
		водопровідної**	з колодязів та каптажів джерел ***	фасованої, з пунктів розливу та бюветів
Запах при 20 °С, бали	0	≤ 2	≤ 3	≤ 0 (2)
pH	7,72	6,5-8,5	6,5-8,5	6,5-8,5 (≥ 4,5)
Забарвленість, градуси	7,00	≤ 20 (35)	≤ 35	≤ 10 (20)
Каламутність, нефелометрична одиниця каламутності (1 НОК = 0,58 мг/дм³)	0,20	≤ 1,0-3,5 ≤ 2,6-3,5 - для підземного вододжерела	≤ 3,5	≤ 0,5 (1)
Жорсткість загальна, ммоль/дм³	21,400	≤ 7 (10)	≤ 10	≤ 7
Лужність загальна, ммоль/дм³	6,440	не визначається	не визначається	≤ 6,5
Залізо загальне, мг/дм³	0,016	≤ 0,2 (1,0)	≤ 1,0	≤ 0,2
Марганець, мг/дм³	0,711	≤ 0,05 (0,5)	≤ 0,5	≤ 0,05
Хлориди, мг/дм³	391,00	≤ 250 (350)	≤ 350	≤ 250
Нітрати, мг/дм³	13,00	≤ 50	≤ 50	≤ 10 (50)
Перманганатна окиснюваність, мг/дм³	2,75	≤ 5,0	-	-
Сухий залишок, мг/дм³	2 193,00	≤ 1000 (1500)	≤ 1500	≤ 1000

Кінець додатку Б

Фториди, мг/дм ³	2,040	для кліматичних зон: IV ≤ 0,7 III ≤ 1,2 II ≤ 1,5	≤ 1,5	≤ 1,5-5 для кліматичних зон: IV ≤ 0,7 III ≤ 1,2 II ≤ 1,5
-----------------------------	-------	---	-------	--

*ДСАНПІН 2.2.4-171-10 "Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною"

**Максимальний рівень нормативів застосовується в окремих випадках, що пов'язані з особливими природними умовами та технологією підготовки питної води, що не дозволяє довести якість питної води до жорсткішого нормативу, про що повинно бути зазначено у технологічному регламенті або іншому документі з описом технологічного процесу виробництва питної води.

***Трубчастий колодязь (свердловина) - інженерна споруда, що є вертикальною виробкою з невеликим розміром поперечного перерізу круглої форми, що призначена для забору підземних вод, розташованих на різній глибині.

****Всесвітня організація охорони здоров'я встановлює ГДК сірководню в питній воді на рівні 0,05 мг/дм³.

В.о. зав. лабораторією, к.х.н.



Сергій ВАСИЛЮК


 МІНІСТЕРСТВО ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ
 ДЕРЖАВНА УСТАНОВА «ДНІПРОПЕТРОВСЬКИЙ ОБЛАСНИЙ ЦЕНТР
 КОНТРОЛЮ ПРОФІЛАКТИКИ ХВОРОБ» МІНІСТЕРСТВА ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я
 УКРАЇНИ»
 ВІДОКРЕМЛЕНИЙ СТРУКТУРНИЙ ПІДРОЗДІЛ
 «ДНІПРОВСЬКИЙ РАЙОННИЙ ВІДДІЛ» ДЕРЖАВНОЇ УСТАНОВИ
 «ДНІПРОПЕТРОВСЬКИЙ ОБЛАСНИЙ ЦЕНТР КОНТРОЛЮ ПРОФІЛАКТИКИ
 ХВОРОБ» МІНІСТЕРСТВО ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ»
 49051, м. Дніпро, пр. Петра Калнишевського, 26А,
 e-mail: dolc.vsp.5@vsp.dp.ua, ЄДРПОУ 38529250

01.11.2023р. № 1.0.1/3556 ~ Т.в.о. голові
Підгородненської міської ради
Віталію МОРГУНУ

«Щодо результатів моніторингу по
 дослідженню води питної зі свердловин та
 колодязів в ПМР»

Довожу до Вашого відома, що 25.10.2023р., фахівцями Відокремленого структурного підрозділу «Дніпровський районний відділ» Державної установи «Дніпропетровський обласний центр контролю профілактики хвороб» МОЗ України, згідно «Плану моніторингових досліджень об'єктів навколишнього середовища Дніпровського району Дніпропетровської області на 2023 рік, було проведено відбір проб води питної зі свердловин ОСББ «Світанок», КЗ «Південукргеологія» та колодязів: м. Підгородне, вул. Крайня; м. Підгородне, вул. Лебедина, 67, с. Спаське, вул. Козинця, 74б, с. Дмитрівка, вул. Центральна, 34-а; с. Хуторо-Губиніха, вул. Садова.

Результати досліджень згідно протоколів випробування води слідуючі:

- ОСББ «Світанок», м. Підгородне, вул. Робоча – за хімічними показниками якості води питної не відповідає вимогам ДСанПіН 2.2.4-171-10 (забарвленість в градусах 35,3 при нормі не більше 20), жорсткість загальна 17,5 ммоль/дм куб. (при нормі не більше 10,0 ммоль/дм куб.), хлориди 265,0 мг/дм куб. (при нормі не більше 250,0 мг/дм куб.); сухий залишок 1587,5 мг/дм куб. (при нормі 1000,0 мг/дм куб.);
- КЗ «Південукргеологія», м. Підгородне, на розі вул. Шосейна та вул. Геологів – за хімічними показниками не відповідає по результатам: запах 20гр С- 3 (при нормі не більше 2), запах 60грС – 3 (при нормі не більше 2), присмак – 3 (при нормі не більше 2), забарвленість 56,4 градусів (норма не більше 20 градусів), каламутність – 4,13 мг/дм³ (при нормі не більше 1,508), перманганатна окиснюваність – 5,20 мгО кВ/дм³ (при нормі не більше 5), жорсткість загальна – 13,0 ммоль/дм³ (при нормі не більше 10,0 ммоль/дм³), залізо загальне 0,21 мг/дм³ (при нормі не більше 0,2), хлориди – 370,0 мг/дм³ (при нормі не більше 250,0 мг/дм³), сухий залишок – 1528,5 мг/дм куб. (при нормі не більше 1000 мг/дм³);
- м. Підгородне, вул. Крайня – за хімічними показниками не відповідає по результатам: забарвленість – 50,2 градуси (при нормі не більше 35), жорсткість загальна – 13,5 ммоль/дм³ (при нормі не більше 7,0); за мікробіологічними показниками – ЗКФ – 53,1 КУО/100см³ (при нормі не більше 1,0);

07 ЛИС 2023
 Вхідний № 2475-е

- м. Підгороднє, вул. Лебедина, 67 – за хімічними показниками не відповідає по результатам: забарвленість – 49,2 градуси (при нормі не більше 35), перманганат на окиснюваність – 5,12 мгО/дм³ (при нормі не більше 5,0), амоній – 4,28 мг/дм³ (при нормі не більше 2,6), жорсткість загальна – 19,0 ммоль/дм³ (при нормі не більше 10,0) хлориди – 415,0 мг/дм³ (при нормі не більше 350,0) сухий залишок – 1748,0 мг/дм³ (при нормі не більше 1500,0);
- с. Спаське, вул. Козинця, 746 – за хімічними показниками не відповідає по результатам: забарвленість – 40,5 градуси (при нормі не більше 35), жорсткість загальна – 11,0 ммоль/дм³ (при нормі не більше 10,0 ммоль/дм³); за мікробіологічними показниками – ЗКФ – 47,8 КУО/100см³ (при нормі не більше 1,0);
- с. Дмитрівка, вул. Центральна, 34а – за хімічними показниками не відповідає по результатам: забарвленість – 50,2 градуси (при нормі не більше 35), жорсткість загальна – 16,0 ммоль/дм³ (при нормі не більше 10,0 ммоль/дм³), за мікробіологічними показниками – ЗКФ – 69,7 КУО/100см³ (при нормі не більше 1,0);
- с. Хуторо-Губиньха, вул. Садова, 5 – за хімічними показниками не відповідає по результатам: забарвленість – 39,7 градуси (при нормі не більше 35), жорсткість загальна – 18,0 ммоль/дм³ (при нормі не більше 10,0 ммоль/дм³), сухий залишок – 1693 мг/дм³ (при нормі не більше 1500), за мікробіологічними показниками – ЗКФ – 23,8 КУО/100см³ (при нормі не більше 1,0).

Таким чином, вода питна не відповідає ДСанПіН 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» (зі змінами), що може становити загрозу здоров'ю населенню громади.

Дана інформація надана з метою проведення заходів по доведенню якості води питної зі свердловин та колодязів за вищевказаними адресами до вимог нормативних документів відповідно до повноважень.

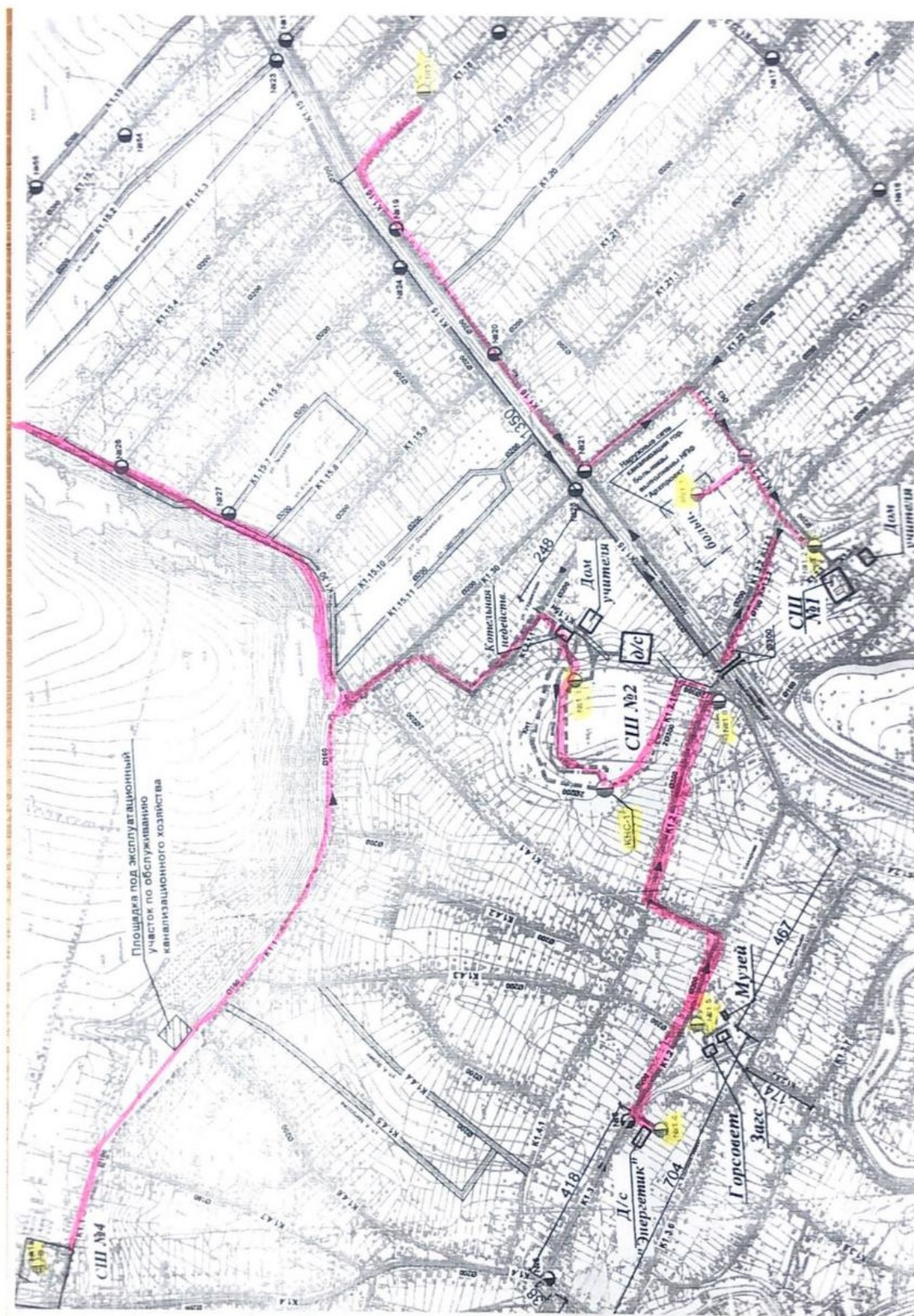
В разі необхідності ВСП «Дніпровський районний відділ» ДУ «Дніпропетровський ОЦКПХ МОЗ України» має можливість провести повторні лабораторні дослідження якості питної води на відповідність вимогам нормативних документів на договірних умовах.

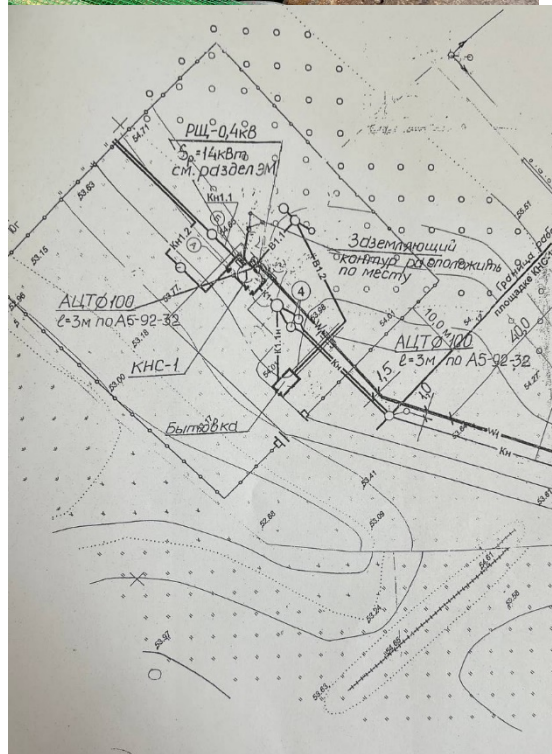
Завідувач

ВСП «Дніпровський районний відділ»
ДУ «ДОЦКПХ» МОЗ України

Наталія ЛЕБЕДИНСЬКА

Вик. Максим СЕМЕНЯК
Валентина ГОРЯНА
0976218677





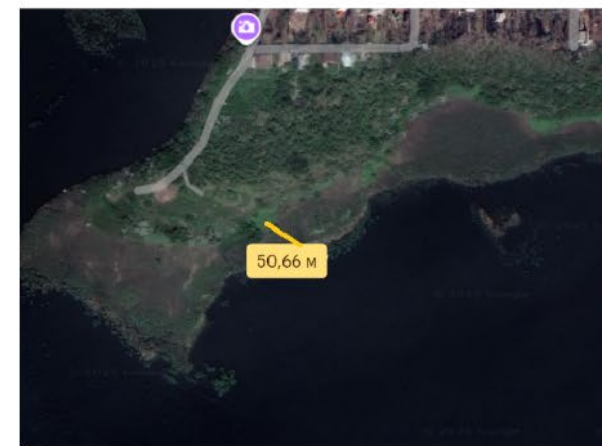
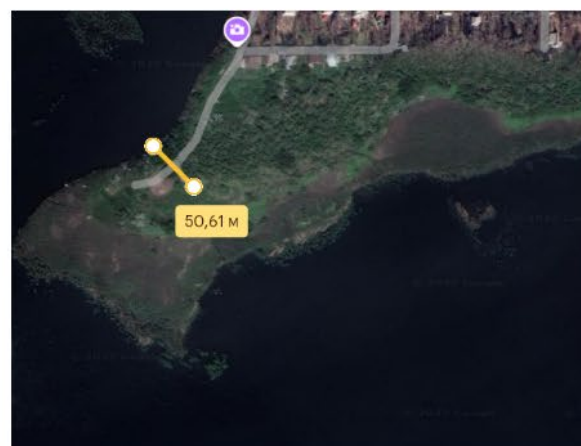
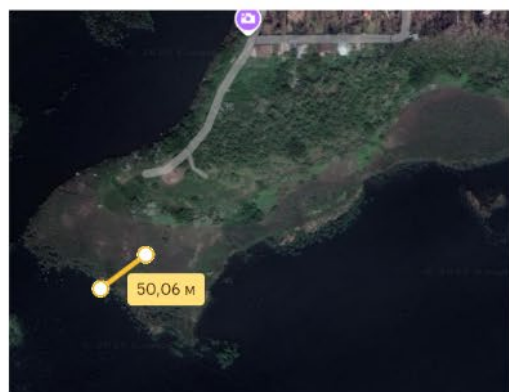
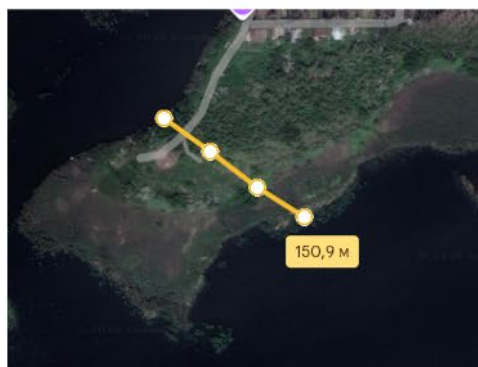
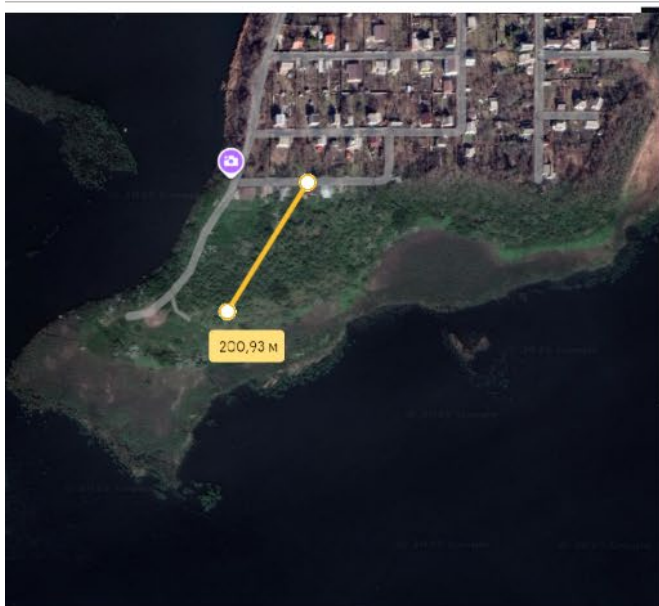
ДОДАТОК Ж

СПРОЕКТОВАНА СИСТЕМА ВОДОВІДВЕДЕННЯ МІСТА ПІДГОРОДНЕ



ДОДАТОК К

ВИМІРЮВАННЯ ВІДСТАНЕЙ ПРОЕКТОВАНОЇ ДІЛЯНКИ ВІД ЖИТЛОВИХ ЗАБУДОВ ТА ПРИБЕРЕЖНОЇ СМУГИ



Кінець додатку К

ДІЛЯНКА РОЗТАШУВАННЯ ОЧИСНИХ СПОРУД ТА ЛІНІЇ ВИПУСКУ СТІЧНИХ ВОД У РІЧКУ САМАРА



СЕРТИФІКАТ УЧАСНИКА ІХ МІЖНАРОДНОГО З'ЇЗДУ ЕКОЛОГІВ



Вінницький національний
технічний університет

CERTIFICATE

№ 1-6-1, 27/09/2024

issued for

Бараннік Анастасія Євгенівна

as a participant of the IX International
Congress of Ecologists
Vinnytsia National Technical University
Vinnytsia, Ukraine
September 25-27, 2024
15 hours / 0.5 ECTS credit
granted by Vinnytsia City Council

учаснику ІХ Міжнародного
з'їзду екологів
Вінницький національний технічний університет
м. Вінниця, Україна
25-27 вересня 2024 р.
15 годин / 0,5 кредиту ECTS
за підтримки Вінницької міської ради



Ректор ВНТУ

Віктор БІЛІЧЕНКО



ПІДГОРОДНЕНСЬКА МІСЬКА РАДА
ДНІПРОВСЬКОГО РАЙОНУ
ДНІПРОПЕТРОВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

вул. Центральна 46, місто Підгородне, 52001, тел. 0800336542

E-mail: pidgorodne@pmrada.gov.ua, код згідно з ЄДРПОУ 05520750

від 27 вересня 2024 р. № 3057

ДОВІДКА

про впровадження результатів наукового дослідження Анастасії Бараннік, виконаній
на кафедрі цивільної інженерії, технологій будівництва і захисту довкілля
Дніпровського державного аграрно-економічного університету

Довідка видана з приводу того, що основні положення, наукові висновки, обґрунтування та практичні пропозиції Анастасії Бараннік щодо покращення якості води у місті Підгородне, Дніпровського району, Дніпропетровської області прийняті Підгородненською міською радою. Було впроваджено застосування мобільних та модульних систем очищення Exosoft при формуванні пакету пропозицій Підгородненської міської ради Дніпровського району Дніпропетровської області. Зокрема враховані особисті напрацювання необхідні для моніторингу і оцінки ефективності способів покращення якості питної води, які вплинуть на поліпшення показників якості води (порівняння до і після), ймовірні позитивні відгуки мешканців про зміни, та позитивний вплив на здоров'я населення та екологічну ситуацію.

Заступник міського голови



Віталій СЛУЦЬКИЙ

Довідка

про впровадження результатів наукової роботи Бараннік Анастасії
Свгенівни на тему «Покращення якості питної води у м. Підгородне та
Новомосковському районі Дніпропетровської області шляхом
впровадження мобільних та модульних систем очищення Ecosoft»
Дніпровського державного аграрно-економічного університету

Довідка видана Бараннік А.Є. на підтвердження впровадження
наданих рекомендацій науковою роботою щодо можливості застосування
мобільних та модульних систем очистки води EcoSoft для потреб населення
у якісній питній воді відповідно нормативним вимогам ДСанПіН 2.2.4-171-
10. Вирішується проблема якості питної води з свердловин та покращення
показників якості води за жорсткістю, вмісту хлоридів, забарвленістю,
амонійним та мікробіологічним забруднення.

Зокрема враховані пропозиції щодо встановлення розрахованих
систем Oasis C300 та Modul з використанням фільтрів для видалення
завислих речовин, знезараження УФ-лампою і активованого вугілля для
очищення від органічних сполук. Данні очисні системи дозволять знизити
показники жорсткості води та зменшать вміст хлоридів.

Начальник

Магдалинівського відділення



Є. Бардаченко