

Міністерство освіти і науки України
Центральноукраїнський національний технічний університет
Кафедра "Екології, охорони навколишнього середовища
та здорового способу життя"

"Допущено до захисту"
Зав. кафедрою ЕОНСЗСЖ
к.б.н., доцент
_____ Ольга МЕДВЕДЄВА
"_____" _____ 2023 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
за першим (бакалаврським) рівнем вищої
освіти

на тему
“Розробка автоматизованої системи первинного
контролю якості води в річці Інгул в межах
м. Кропивницький”

Виконав здобувач вищої освіти
4 курсу, групи _ЕО-19_
ОПП «_____ Екологія _____»
спеціальності 101 «Екологія»
_____ Марченко А.К.
«_____» _____ 2023 р.
Керівник роботи
доцент, канд. біолог. наук
_____ Ольга МЕДВЕДЄВА
«_____» _____ 2023 р.
Рецензент _____

Кроптивницький-2023

Центральноукраїнський національний технічний університет
 Факультет _____ Агротехнічний
 Кафедра Екології, охорони навколишнього середовища та здорового способу життя
 Рівень вищої освіти Бакалавр
 Галузь знань 10 Природничі науки
 Спеціальність _____ 101 - Екологія
 Освітньо-професійна програма _____ Екологія

ЗАТВЕРДЖУЮ
 Завідувач кафедри

«__» _____ 20__ року

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗА
 ПЕРШИМ (БАКАЛАВРСЬКИМ) РІВНЕМ ВИЩОЇ
 ОСВІТИ ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ

_____ Марченко _____ Анжеліки _____ Костянтинівни
 (прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи

«Розробка автоматизованої системи первинного контролю якості води в річці Інгул в межах м. Кропивницький»

2. Керівник роботи

Медведєва О.В., _____ доцент, к. б. н.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

3. Строк подання роботи до захисту 31.05.2023 р.

4. Мета та завдання кваліфікаційної роботи

Розробка автоматизованої системи первинного контролю якості води у р. Інгул у межах м. Кропивницький

Огляд екологічного стану р. Інгул у межах м. Кропивницький

Аналіз сучасних методів моніторингу якості поверхневих вод

Практична реалізація системи первинного контролю якості води

Тестування розробленої системи шляхом збору контрольних показників стану води у р. Інгул

5. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів роботи

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Охорона праці	Доцент, к.т.н. Лузан П.Г.		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Огляд інформаційних джерел за обраною темою	17.04.2023 р.	
2	Аналіз екологічного стану р. Інгул. Виявлення забруднювачів води	25.04.2023 р.	
3	Вивчення географічних особливостей р. Інгул, складання екологічної карти	30.04.2023 р.	
4	Аналіз сучасних методів моніторингу якості поверхневих вод	06.05.2023 р.	
5	Розробка проекту автоматизованої системи контролю якості води	17.05.2023 р.	
6	Вимірювання показників якості води в р. Інгул та статистична обробка отриманих даних	20.05.2023 р.	
7	Розробка заходів з охорони праці	23.05.2023 р.	
8	Формулювання висновків	24.05.2023 р.	
9	Оформлення пояснювальної записки	29.05.2023 р.	
10	Оформлення слайдів презентації та доповіді	31.05.2023 р.	
11	Захист кваліфікаційної роботи	28.06.2023 р.	

Дата видачі завдання

«___» _____ 20 р.

Підпис керівника

_____ (прізвище та ініціали)

Завдання прийнято до виконання

«___» _____ 20 р.

Підпис здобувача

_____ (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Марченко А.К. Розробка автоматизованої системи первинного контролю якості води в річці Інгул в межах м. Кропивницький. 101 Екологія. Центральноукраїнський національний технічний університет. Кропивницький. 2023.

У даній кваліфікаційній бакалаврській роботі розроблено автоматизовану систему первинного контролю якості води.

Метою роботи є розробка автоматизованої системи первинного контролю якості води у річки Інгул в межах міста Кропивницький.

В процесі виконання поставленої задачі досліджені екологічні проблеми річки Інгул, виконано аналіз існуючих методів та засобів контролю якості поверхневих вод. Розроблений проект автоматизованої системи первинного контролю якості води та здійснено опис всіх її компонентів.

Наведені інструкції по розгортанню та експлуатації системи.

Результат роботи – розроблено автоматизовану систему первинного контролю якості води, яка призначена для безперервного дистанційного моніторингу за основними видами забруднень, що дозволяє оперативно та вчасно виявити екологічні небезпеки для поверхневих вод річки Інгул та прийняти відповідні міри з їх усунення.

Ключові слова: поверхневі води, якість води, забруднення, моніторинг, автоматизована система контролю, аналізатор якості води, річка Інгул.

ABSTRACT

A.K. Marchenko Development of an automated system of primary water quality control in the Ingul River within the city of Kropyvnytskyi. 101 Ecology. Central Ukrainian National Technical University. Kropyvnytskyi. 2023.

In this qualifying bachelor thesis, an automated system of primary water quality control was developed.

The purpose of the work is to develop an automated system of primary water quality control in the Ingul River within the city of Kropyvnytskyi.

In the process of fulfilling the given task, the ecological problems of the Ingul River were investigated, and the existing methods and means of surface water quality control were analyzed. The project of the automated system of primary water quality control was developed and a description of all its components was carried out.

Instructions for deploying and operating the system are provided.

The result of the work - an automated system of primary water quality control was developed, which is designed for continuous remote monitoring of the main types of pollution, which allows to promptly and timely identify environmental hazards for the surface waters of the Ingul River and take appropriate measures to eliminate them.

Keywords: surface water, water quality, pollution, monitoring, automated control system, water quality analyzer, Ingul River.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....	7
ВСТУП	8
РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ РІЧКИ ІНГУЛ	10
РОЗДІЛ 2. ГЕОГРАФІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА Р. ІНГУЛ НА ДІЛЯНЦІ М. КРОПИВНИЦЬКИЙ.....	20
РОЗДІЛ 3. МЕТОДИ МОНІТОРИНГУ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД	25
РОЗДІЛ 4. ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ ТА ТЕСТУВАННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ПЕРВИННОГО КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД	32
4.1. Функції автоматизованої системи первинного контролю якості поверхневих вод.....	33
4.2. Проектування системи.....	33
4.3. Розгортання та обслуговування системи	44
4.4. Тестування системи	45
РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ПЕРВИННОГО КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД	49
ВИСНОВКИ.....	54
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	55
Додаток 1. Особливості берегової лінії р. Інгул (м. Кропивницький).....	60
Додаток 2. Дамби, що регулюють рівень води в р. Інгул	64

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

АСПКЯВ - автоматизована система первинного контролю якості води;

БСК - біохімічне споживання кисню;

ГДК - гранично допустима концентрація речовини;

ЛОШ - лімітуюча ознака шкідливості;

ОВП - окисно-відновний потенціал;

СПМСПВ - стаціонарний пост моніторингу стану поверхневих вод

G1 - G3 - групи об'єктів, які є потенційними джерелами забруднень;

P1 - P8 - нумерація СПМСПВ;

S1 - S5 - окремо розташовані потенційні джерела забруднень;

ВСТУП

Актуальність теми. Водні ресурси є невід'ємною складовою забезпечення життєдіяльності людини, промислового та сільськогосподарського виробництва. Але для використання людиною вода повинна відповідати стандартам якості [1], тому на охорону водних ресурсів спрямоване законодавство України [2] та державні програми [3].

Аналітичний огляд стану водних ресурсів у лютому 2023 року [4] показав, що контроль якості поверхневих вод України залишається на порядку денному. За даними Порталу електронних послуг Державного агентства водних ресурсів України, відповідно до статистичної звітності 2-ТП (водгосп) у 2021 році на території Кіровоградської області не забезпечили нормативної очистки вод 21 підприємство [5], що безумовно здійснює шкідливий вплив на екологічні системи регіональних водойм. Так, наприклад, у травні 2022 року сталася масова загибель риби у річці Сугоклія, м. Кропивницький [6].

Порядок здійснення моніторингу поверхневих вод затверджено постановою №758 Кабінету Міністрів від 19 вересня 2018 р. [7]. На практиці контроль стану поверхневих вод здійснюється з певною періодичністю 12 раз на рік, і проміжки часу між забором/аналізом проб часто перевищують час розповсюдження забруднюючих речовин при їх потраплянні до водойм.

Враховуючи протяжність та розкиданість водних об'єктів, а також трудомісткість аналізу та оцінки стану води, доцільною є розробка автоматизованої системи контролю якості поверхневих вод. Завдання такої системи поперед все - оперативне виявлення забруднень у водоймах та надання сигналу відповідним контролюючим службам для прийняття мір. Такі системи являють собою комплекс технічних засобів, що вимірюють у часі і просторі фізичні, хімічні і біологічні показники якості води, передають інформацію на центральний пункт управління і попереджають

про порушення норм водокористування [8 - 14].

Одним з найбільш проблемних з екологічної точки зору водних об'єктів Кіровоградщини є річка Інгул, особливо в межах м. Кропивницького, поблизу якої зосереджені низка промислових, аграрних підприємств та установ, тому цю ділянку річки вибрано для розгортання автоматизованої системи контролю якості води. Місто Кропивницький знаходиться неподалік від витоків р. Інгул, тому промислова та господарська інфраструктура міста впливає на якість води практично по всій довжині ріки.

Мета й завдання дослідження. Метою роботи є розробка автоматизованої системи первинного контролю якості води (АСПКЯВ) у р. Інгул у межах м. Кропивницький.

Для досягнення поставленої мети визначено програму досліджень, що складається з наступних завдань:

- Огляд екологічного стану р. Інгул у межах м. Кропивницький з визначенням основних типів забруднень поверхневих вод річки та джерел надходження цих забруднень.
- Аналіз сучасних методів моніторингу якості поверхневих вод.
- Практична реалізація АСПКЯВ у р. Інгул в межах міста Кропивницький.
- Тестування розробленої системи шляхом збору контрольних показників стану води у р. Інгул у передбачуваних місцях монтажу пунктів спостереження та їх порівняння із наявними статистичними даними.

Практична цінність отриманих результатів полягає в тому, що розроблена АСПКЯВ забезпечує безперервний моніторинг за основними видами забруднень, що дозволяє оперативно та вчасно виявити екологічні небезпеки для поверхневих вод р. Інгул та прийняти відповідні міри з їх усунення, а також розробити заходи для запобігання повторному виникненню подібних екологічних небезпек.

Таким чином, виходячи з вищеперерахованого, розробка АСПКЯВ у річці Інгул в межах м. Кропивницький є актуальною задачею, яка потребує вирішення у даній кваліфікаційній бакалаврській роботі [15].

РОЗДІЛ 1

ОГЛЯД ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ РІЧКИ ІНГУЛ

За екологічним станом водних ресурсів Кіровоградської області ведеться спостереження департаментом екології та природних ресурсів Кіровоградської обласної державної адміністрації та Регіональним офісом водних ресурсів у Кіровоградській області, які на постійній основі проводять дослідження щодо стану води,

Результати досліджень поверхневих вод цими установами в останні роки показали, що для Кіровоградської області, доля нестандартних проб за санітарно-хімічними показниками досягає 23%, що суттєво перевищує середні загальнодержавні показники (18.5%). При цьому в суміжних регіонах ці значення набагато нижчі. Так у Черкаській та Вінницькій областях лише 5-9% проб не відповідали санітарним нормам [16].

Серед середніх річок Кіровоградській області, які мають екологічні проблеми є р. Інгул, яка бере початок неподалік від м. Кропивницький та протікає через це місто. За даними науковців, саме Інгул є найбільш забрудненою річкою Кіровоградщини.

Моніторинг поверхневих вод р. Інгул та її приток, що протікають через м. Кропивницький, Новгородківський та Устинівський райони, ведеться по 9 створах. Відмічається, що створ в верхів'ях Інгулу (с. Лелеківка) є самим чистим створом річки. Лабораторія моніторингу вод та ґрунтів РОВР у Кіровоградській області, проаналізувала проби в цьому створі за десятьма показниками. Результати аналізу показали, що жоден з показників не перевищував нормативних значень.

Але, як виявилось, нижче м. Кропивницький за течією річки, води Інгулу мають зовсім інші показники. Місто Кропивницький є основним забруднювачем р. Інгул в межах області.

Вищезгадана лабораторія також проаналізувала проби, що були взяті далі за течією, в селищі Первозванівка безпосередньо нижче скиду

Інгульської шахти державного підприємства «Схід-ГЗК» та колективного підприємства «Кропивницьке водопровідно-каналізаційне господарство». Результати засвідчили перевищення нормативних значень за п'ятьма показниками. Так вміст сульфат-іонів перевищував нормативні значення у 2.8 разів, вміст нітрит-іонів - у 2.13 рази, а також низьке біохімічне споживання кисню (БСК), наявність у воді завислих речовин та амоній-іонів. Результати вимірювань також свідчать про перевищення норм фосфатів у водах Інгулу нижче обласного центру [16].

Таким чином, можна стверджувати, що до м. Кропивницький надходить чиста вода Інгулу, а після протікання містом та внаслідок потрапляння скидів від підприємств міста, розташованих поблизу річки, стан води стає зовсім іншим.

Засміченню та забрудненню річки сприяють такі фактори як збудовані дамби, штучні ставки, мілке та вузьке русло, замулення, заростання русла очеретом.



Рисунок 2.1 - Заростання та засмічення русла Інгулу біля Ковалівського мосту фактично унеможливує течію

За декілька останніх десятирічь суттєво змінилися витрати води

Інгулу. Так максимальні значення витрат води спостерігалися у 60-70-х роках двадцятого століття і складали 90-100 м³/с [17]. Такі значення витрат співпадали з періодами масштабного зволоження полів, що супроводжувалося частими та рясними опадами. Після цього періоду спостерігалось поступове зменшення витрат води, яке вирівнялося у 80-90-х роках. Тим не менш ці показники були досить значними –30-35 м³/с. З середини 90-х років витрати води продовжили своє зменшення, яке триває по теперішній час при тому, що середня річна кількість опадів у Кіровоградській області залишилася на минулому рівні. Це пояснюється зменшенням водності Інгулу, яке зумовлене такими причинами:

- збільшенням забору води для господарських потреб;
- регулюванням стоку річки – спорудженням ставків, водосховищ, що збільшує обсяги випаровування з поверхні річки;
- зменшенням заліснення та задернованості берегової зони, знищенням степової, лучної рослинності, що призводить до зниження водоутримуючої здатності ландшафтів, прискорює ерозію ґрунтів та негативно впливає на живлення річки;
- переущільненням ґрунтів, зниженням їх фільтраційної здатності. Це призводить до збільшення частки поверхневого стоку, внаслідок чого більша частина талих та дощових вод стікає у річки по поверхні й змиває поверхневі шари ґрунту, що викликає замулення водойм та водотоків, знижує частку підземного живлення та прискорює їх деградацію.

Зменшення швидкості течії та витрат води у р. Інгул викликає, з одного боку, затримування забруднень в зонах їх потрапляння у річку та завдання шкоди екології цих зон, з іншого боку, затримує розповсюдження цих забруднень униз за течією та надає час для самовідновлення річки.

Непоправну шкоду р. Інгул завдав видобуток річкового піску, який у великих масштабах відбувався в 80-х роках двадцятого сторіччя. Як наслідок, було засипане піском старе русло, що привело до зруйнування екосистеми річки. Зокрема, в декілька раз впала швидкість течії, втрачено

спроможність Інгулу до самоочищення [18]. На дні річки осідають гниючі водорості й очерет, по акваторією річки переміщуються плавучі очеретяні острови.

Забруднення річки, в першу чергу, пов'язане з вкрай низьким загальним санітарним станом території Кропивницького. Дощові та талі води з території міста стікають у річку через 14 колекторів зливневої каналізації без будь-якого очищення [19]. Технічний стан зливнево-приймальних колодязів у край занедбаний. Значна їх кількість не має решіток і засипана сміттям, тому забруднені дощові й талі води безпосередньо стікають в Інгул поверхнею вулиць без усякого очищення. Очисні споруди дощової каналізації відсутні взагалі.

Як повідомляють фахівці, є два головні фактори, які приводять до знищення р. Інгул – це штучні ставки, водосховища та розорювання берегових територій [20].

Ставки перешкоджають вільному руху вод річки. Через них вода замулюється, набуває застійного стану, починає цвісти, в наслідок чого у річці виникають різноманітні хвороботворчі процеси. У річці збіднюється біота, а біокомплекс стає більше болотним, ніж річковим. Фахівці вважають, що зменшення площі Лелеківського водосховища, та спусканням ставків у басейні Інгулу дозволить зменшити витрати води на випаровування, збільшити швидкість течії та водообмін річки, зменшити цвітіння води.

Відповідно до статей 87-90 Водного кодексу та статті 60 Земельного кодексу України вздовж річок, водосховищ та інших водойм передбачаються прибережні захисні смуги (водоохоронні зони), в яких "забороняється:

- розорювання земель, садівництво та городництво;
- зберігання та застосування пестицидів і добрив;
- будівництво будь-яких споруд (крім гідротехнічних);

- влаштування звалищ сміття, гноєсховищ, накопичувачів рідких і твердих відходів виробництва, кладовищ;
- миття та обслуговування транспортних засобів і техніки".

Для середніх річок, таких як Інгул та водосховищ на ньому такі смуги повинні становити за прийнятими стандартами не менше 50 м від води. Найкраще ці смуги заліснювати. У м. Кропивницький та у селах Кіровоградської області дуже багато городів, які розташовані у безпосередній близькості до річки. Через це басейн Інгулу втрачає свою дренажну здатність, виникає замулення і заболочування. Численні земельні ділянки, які виходять безпосередньо до річки, мають надвірні вбиральні, які не обладнані водонепроникними вигребами; берегова смуга розорана.

Безпосередньо у зоні санітарної охорони р. Інгул розташовано ряд промислових підприємств: Кропивницька ТЕЦ, кілька АЗС (вул. Терешкової, вул. Вокзальна), автостоянки, завод "Цукрогідромаш" тощо.

Серед джерел забруднення р. Інгул у екологічних звітах [5, 16] згадуються, зокрема, ОКВП «Дніпро-Кіровоград» (Кропивницьке ВКГ), ДП «СХІДГЗК» (Інгульська шахта), КП «ТЕПЛОЕНЕРГЕТИК», КНП «КОФПМЦ КОР», ТОВ «ФЗП», КП «Кропивницьке водопровідно-каналізаційне господарство», КП Первозванівської сільської ради «Добробут» та інші.

"60% скидів зворотних вод у басейн р. Інгул припадає на Інгульську шахту" [21]. Головною причиною забруднення Інгулу шахтою є застарілі очисні споруди, які потребують модернізації. "У роботі Інгульської шахти виявлено порушення вимог щодо поводження з відходами та порядку здійснення викидів, не дотримання вимог водоохоронного режиму під час експлуатації водозабірних свердловин, нераціональне використання водних ресурсів та перевищення затверджених концентрацій забруднюючих речовин по скиду в водний об'єкт". Встановлено, що внаслідок неефективної роботи очисних споруд здійснювались скиди

недостатньо очищених зворотних вод у р. Інгул. Державному підприємству «Східний гірничо-збагачувальний комбінат» Інгульська шахта, пред'явлено позов про відшкодування збитків, заподіяних внаслідок забруднення р. Інгул скидом недостатньо очищених зворотних вод на суму 221933.88 гривень [16].

Поверхневі води через скид шахтних вод забруднюються хімічними речовинами і природними радіонуклідами урану. Як відмічається, Інгульська шахта Східного гірничо-збагачувального комбінату щороку скидає у р. Інгул майже 8 тисяч тонн забруднюючих хімічних речовин, включаючи і радіоактивні.

Ще одним з найбільших забруднювачів поверхневих вод р. Інгул є Кіровоградське водоканалізаційне господарство, що входить до складу ОКВП "Дніпро-Кіровоград". Це підприємство включене до переліку 100 найбільших забруднювачів довкілля України [22].

Особливістю Кіровоградських каналізаційних очисних споруд є те, що їх так і не добудували до кінця [22]. Будівництво розтягнулося на десятиріччя, але так і не було завершено. Так першу чергу комплексу міської каналізації (12 км мереж, дві насосні станції перекачки та біоставки) ввели в експлуатацію ще у 1958 році. У 1973 році було завершено будівництво другої черги комплексу каналізації (104 км мереж), а також першої черги очисних споруд потужністю 30000 м³/добу з біологічною очисткою стічних вод. У 1989-1990 роках частково збудували другу чергу очисних споруд, що збільшило їх потужність до 60000 м³/добу. Зараз на територію недобудованої другої черги "недобросовісні кіровоградські підприємства вивозять свої промислові відходи (щоб не платити за сміття)". На початку 90-х років розпочали будівництво третьої черги очисного комплексу потужністю 100000 м³/добу, але за причиною нестачі коштів будівництво припинили. За декілька десятиріч експлуатації більшість ділянок каналізаційної мережі зносилася, що викликає велику

кількість поривів. В результаті в Інгул час від часу стікають неочищені стічні води, які забруднюють його.

Обсяги каналізаційних стоків у м. Кропивницький досягають 60000 м³/добу. Після не зовсім достатнього очищення ці стічні води потрапляють в р. Інгул. Технічний стан практично всіх каналізаційних очисних споруд потребує їх модернізації або реконструкції. Оскільки у Кропивницькому будівництво каналізаційних споруд призупинено та не доведено до кінця, існуючі споруди перевантажені в 1,4-1,6 рази. Велика кількість поривів приводить до витоків неочищених стічних вод.

Розглянемо послідовність очищення каналізації м. Кропивницький. У місті є два каналізаційних колектори, які розташовані по обох берегах Інгулу, 3 них стоки потрапляють на головну насосну станцію, де відбувається їх первинна обробка та перекачування на очисні споруди міста [22]. На головній насосній станції стоки піддають механічній та біологічній очистці, а далі направляють на вторинні відстійники, розташовані за с. Первозванівка на відстані 3 км від м. Кропивницький. Це штучні ставки, які розміщені уздовж Інгулу і мають протяжність 1,6 км. Оскільки дно та стінки відстійників споруджувалися 70 років тому, то бетонні стінки, які запобігають проникненню каналізаційних стоків у ґрунтові води, перебувають в стані руйнації при тому, що у кількох десятках метрів від відстійників тече річка Інгул. Далі каналізаційні стоки надходять до біоставків, розташованих поблизу села Клинци, в 6 км від Кропивницького. Ці ставки побудовані за каскадною схемою, в них відбувається доочищення стоків. Останній етап роботи каналізаційної системи м. Кропивницький - скид стоків у р. Інгул. Оскільки третю чергу очисних споруд зі станцією хлорування не добудували, стоки з біоставків потрапляють в Інгул без знезараження від небезпечних бактерій.

Поверхневі води найбільше забруднюються органічними речовинами. Їх вміст зростає з липня по серпень, у період підвищення температури повітря та маловодності річок. Звичайно в цей період у всіх

створах спостереження показники перевищують норми. Головна причина цього явища - надходження у водні об'єкти недостатньо очищених каналізаційних стоків. У місці скидання очищеної каналізації необхідно регулярно виконувати заміри якості води. Але, як повідомила завідувач сектором інструментально-лабораторного контролю державної екологічної інспекції у Кіровоградській області Інна Сергенчук: "Протягом двох останніх років ніяких досліджень в районі скидів ми не проводили. В районі ж Первозванівських відстійників такі заміри взагалі ніколи не проводять, бо там немає спостережних свердловин" [22].

Служби контролю в результаті екологічного моніторингу у березні 2017 року зафіксували на Інгулі вище міста Кіровоград, що декілька показників якості води перевищували норми, і вміст шкідливих речовин дорівнював: азоту нітритного - 2,7 значень ГДК, фенолів - 6,0 ГДК, хрому шестивалентного - 5,2 ГДК, азоту амонійного - 3,56 ГДК. В районі Кіровоградського водосховища спостерігалось збільшення концентрації завислих речовин (7,6 мг/дм³) та збільшення органічних речовин по БСКп - 3,72 мгО₂/дм³ (ГДК становить 3,0 мгО₂/дм³). Також зафіксоване збільшення концентрації магнію - 44,99 мг/дм³ (ГДК - 40,0 мг/дм³). По Інгулу нижче Кропивницького показники теж перевищували норму. Вміст шкідливих речовин тут становив: азоту нітритного - 3,0 ГДК, фенолів - 7,0 ГДК, хрому шестивалентного - 5,8 ГДК, азоту амонійного - 4,41 ГДК. Зокрема, в районі села Первозванівка спостерігалось збільшення концентрації завислих речовин, що становило 21,3 мг/дм³, збільшення органічних речовин по БСКп - 3,87 мгО₂/дм³ (ГДК - 3,0 мгО₂/дм³), збільшення концентрації магнію - 55,94 мг/дм³ (ГДК - 40,0 мг/дм³) [22].

Крім постійних надходжень забруднюючих речовин до поверхневих вод р. Інгул, мають місце випадки екстремальних та неконтрольованих скидів шкідливих речовин. Як повідомлялося [23], "у Кіровоградській області річку Інгул забруднили відходами, вміст нітратів перевищено у 13

разів. Представники комунального підприємства з водопостачання приховано скидали технологічні відходи в м. Інгул".

У поверхневі водні об'єкти Кіровоградщини за 2021 рік виведено 33,163 млн. м³ зворотних вод, при тому з них нормативно очищених на очисних спорудах - 3,963 млн. м³; таких, що пройшли очищення на біологічних та механічних очисних спорудах, нормативно чистих без очищення – 13,155 млн. м³; недостатньо очищених вод – 16,045 млн. м³ [5, 24], тобто близько 50%.

Таблиця 1.1 - Скидання забруднюючих речовин із зворотними водами у поверхневі водні об'єкти

Перелік скинутих забруднюючих речовин	2019 рік	2020 рік	2021 рік
	обсяг забруднюючих речовин, тис. т	обсяг забруднюючих речовин, тис. т	обсяг забруднюючих речовин, тис. т
Азот амонійний	0,165000	0,031600	0,03500
БСК 5	0,204000	0,206500	0,20170
Завислі речовини	0,218000	0,222200	0,26150
Нітрати	0,531000	0,577300	0,56900
Нітрити	0,032000	0,008400	0,00450
Сульфати	5,786000	0,003011	3,62000
Сухий залишок	13,300000	11,13190	11,53900
Хлориди	0,772000	3,141900	3,36300
ХСК	1,033000	1,045700	1,05400
Жири, масла	0,017830	0,017930	0,01601
Залізо	0,003614	0,003920	0,00350
Кальцій	0,000000	0,000000	0,23017
Магній	0,000000	0,000000	0,02200
Мідь	0,000096	0,000086	0,00009
Нафтопродукти	0,001589	0,0013915	0,00138
Нікель	0,000049	0,000054	0,00004
СПАР	0,001494	0,001426	0,0017

Таблиця 1.2 - Основні забруднювачі водних об'єктів (за галузями економіки) Водовідведення у поверхневі об'єкти за галузями економіки у 2021 році

Назва видів діяльності (галузі)	Кіль- кість підпри- ємств	Водовідведення у поверхневі водні об'єкти, млн. м ³			
		Всього	з них забруднених зворотних вод	нормативно чистих без очистки	нормативно очищених на очисних спорудах
ВСЬГО ПО РЕГІОНУ	65	33,163	16,045	13,155	3,963
ПРОМИСЛОВІСТЬ	19	7,405	2,714	1,187	3,504
добувна промисловість та розробка кар'єрів	14	7,064	2,691	1,021	3,352
переробна промисловість	3	0,189	0,023	0,166	0
постачання електроенергії, газу, пари та кондиційного повітря	2	0,152	0	0	0,152
СІЛЬСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО	23	10,542	0	10,542	0
рибне господарство	23	10,542	0	10,542	0
ВОДОСПОЖИВАННЯ; КАНАЛІЗАЦІЯ, ПОВОДЖЕННЯ З ВІДХОДАМИ	15	14,706	13,23	1,417	0,059
ІНШІ	8	0,510	0,101	0,009	0,4

Таблиця 1.3 - Середньорічні концентрації речовин у контрольних створах р. Інгул за 2021 рік (мг/л)

Місце спостереження за якістю води	Показники складу та властивостей												
	Завислі речовини	БСК ₅	Сухий залишок	Сульфати	Хлориди	Амоній сольовий	Нітрати	ХСК	Нітриди	Фосфати	Залізо	Мідь	Розчинений кисень
р. Інгул	0	3,49	794,00	194,12	70,24	0,21	1,58	37,58	0,03	0,14	0	0	10,27

Виконаний огляд екологічного стану р. Інгул дозволяє зробити висновки:

1. Річка Інгул має значні екологічні проблеми як в м. Кропивницький, так і нижче за течією.
2. Поблизу річки вздовж течії розташована низка об'єктів, серед яких є як такі, що постійно забруднюють води р. Інгул, так і такі, що є потенційними забруднювачами у разі виникнення певних технічних або технологічних збоїв у роботі.
3. Моніторинг поверхневих вод р. Інгул, який здійснюється відповідними службами є недостатнім у силу, по-перше, неповного

покриття акваторії річки, по-друге, відсутності засобів оперативного виявлення забруднень у водах річки.

4. Необхідна розробка автоматизованої системи моніторингу для вчасного виявлення забруднень в р. Інгул та сповіщення відповідних екологічних служб та служб з ліквідації надзвичайних ситуацій.

РОЗДІЛ 2.

ГЕОГРАФІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА Р. ІНГУЛ НА ДІЛЯНЦІ М. КРОПИВНИЦЬКИЙ

Інгул - річка в центрі та півдні України, у межах Кіровоградської та Миколаївської областей [25], є лівою та найбільшою притокою Південного Бугу. Довжина річки складає 354 км, площа басейну - 9890 км². У верхів'ях річка має вузьке та звивисте русло. Переважна глибина річки становить 0,7 - 1,2 м, максимальна сягає 1,5 м. Швидкість течії - до 0,5 м/с, похил річки 0,41 м/км. Інгул має переважно снігове та дощове живлення. Середні витрати води біля с. Новогорожене, розташованого за 118 км від гирла становлять 8,84 м³/с. Замерзає Інгул у першій половині грудня, льодостав нестійкий; скресає наприкінці лютого - в першій половині березня.

Ріка Інгул відноситься до середніх рік. Витоки ріки Інгул знаходяться у ландшафтному заказнику місцевого значення, розташованому у межах Новомиргородського району Кіровоградської області на східній околиці села Бровкове.

Таблиця 2.1 - Притоки Інгулу (довжиною понад 10 км)

Ліві	Праві	Відстань від гирла, км
	Громоклія	92
<i>без назви</i>		97
Сагайдак		169
	Стовбова	178
Березівка		179
	Сугоклія (Сухоклія)	222
Кам'янка		266
	Вошива	274
Аджамка		288
	Сугоклія	312
балка Біянка		м. Кропивницький
	Грузька	323
Мамайка		327
Северинка		330
Крутоярка		339

Гирло річки знаходиться біля м. Миколаїв, де Інгул впадає в Південний Буг. На річці побудовано кілька водосховищ: Кіровоградське, Докучаєвське, Інгульське та Софіївське.

З точки зору екологічного впливу господарчих об'єктів м. Кропивницький на річку Інгул інтерес являє ділянка річки від входу в місто (с. Підгайці) до відстойників та очисних споруд Кропивницького водно-комунального господарства (с. Первозванівка на с. Клинці). Довжина цієї ділянки річки по прямій відстані складає 22.3 км. Перепад висоти над рівнем моря на цій ділянці складає близько 14 м, що зумовлює досить повільну, спокійну течію. За течією р. Інгул розміщуються наступні об'єкти, які є активними або потенційними забруднювачами поверхневих вод річки:

- 1 - Лелеківське кладовище та АЗС WOG;
- 2 - ТДВ "Мясокомбінат "Ятрань";
- 3 - Залізнична станція Кропивницький;
- 4 - ПРАТ "Гідросила АПМ";
- 5 - КП «Теплоенергетик»;
- 6 - ДП Кіровоградський сокоекстрактний завод;
- 7 - Автостоянки;
- 8 - Автозаправочні станції / автомийки;
- 9 - ТОВ «ФЗП»;
- 10 - Кропивницький олійноекстракційний завод;
- 11 - Виходи колекторів зливової каналізації;
- 12 - КНП «КОФПМЦ КОР»;
- 13 - Кропивницький завод гідравлічних машин ПАТ Цукрогідромаш;
- 14 - Ринок автомобільних запасних частин;
- 15 - ДП "СхідГЗК" Інгульська шахта;
- 16 - Первозванівські очисні споруди ОВКП "Дніпро–Кіровоград";
- 17 - Клинцівські очисні споруди ОВКП "Дніпро–Кіровоград".

Забрудненню поверхневих вод р. Інгул сприяють:

- 1) безпосередня близькість розташування деяких з перерахованих джерел забруднення до річки;
- 2) безпосереднє потрапляння стічних вод до річки без очищення на перерахованих об'єктах;
- 3) рельєф місцевості, а саме, значний уклін схилів річки у деяких місцях: вул. Енергетиків, вуд. Вокзальна, вул. Велика Перспективна, вул. Яновського та інші;
- 4) заростання та засміченість руслу р. Інгул в межах м. Кропивницький приводять до затримування забруднень в зонах їх потрапляння до вод річки та руйнівному впливу на місцеві екологічні системи.

У зв'язку з різноспрямованою діяльністю вказаних потенційних забруднювачів поверхневих вод, вони використовують у своїй діяльності зовсім різні технології та матеріали, що зумовлює також суттєву розбіжність у складі забруднень, які потрапляють від них до р. Інгул. Таким чином, для точного аналізу забруднень кожного з цих підприємств необхідно застосовувати специфічні методи та обладнання. Крім того, неможливо урахувати наперед всі підприємства та установи, діяльність яких потенційно може привести до забруднення поверхневих вод. Тому для автоматизованої системи контролю якості води р. Інгул пропонується ділянкова схема контролю з установленням вимірювальних станцій у характерних точках річки після проходження течією певних промислово-господарчих районів м. Кропивницький.

Як видно з карти (рисунок 2.1), на шляху р. Інгул містом Кропивницький можна визначити декілька конгломерацій джерел забруднення та окремо розташовані джерела. Позначимо ці окремі джерела забруднення та конгломерації наступним чином:

S1 - локація Лелеківського кладовища та АЗС WOG;

G1 - група об'єктів від залізничного мосту до мосту на вул. Київська;

G2 - група об'єктів в районі Ковалівського мосту;

S2 - КНП «КОФПМЦ КОР»;

G3 - група об'єктів від мосту на вул. Велика Перспективна до мосту на вул. Крописницького;

S3 - ДП "СхідГЗК" Інгульська шахта;

S4 - Первозванівські очисні споруди ОВКП "Дніпро–Кіровоград";

S5 - Клинцівські очисні споруди ОВКП "Дніпро–Кіровоград".

Місцезнаходження цих угруповань визначатимуть розміщення стаціонарних постів моніторингу стану поверхневих вод (СПМСРВ) АСПКЯВ - усього 8 постів - за умовою, що пости будуть знаходитися на берегах річки у безпосередній близькості до джерел забруднення або відразу після них за напрямком течії. Кількість постів та їх розміщення повинні покривати всі області потенційних забруднень р. Інгул в межах м. Кропивницький та його комунікацій.

При розміщенні СПМСРВ слід також виконати умови наявності електричного живлення та безпеки обладнання.

Виходячи з цих умов, пропонується (Р0 - Р8) АСПКЯВ в місцях, зображених на рисунку 2.1 та описаних в таблиці 2.2. В СПМСРВ Р0 контролюються показники якості води до потрапляння в межу міста.

Таблиця 2.2 - Розміщення СПМСРВ та об'єкти у зонах контролю

Код СПМСРВ	Координати розміщення	Об'єкти, що відносяться до зони контролю
Р0	48.578904, 32.229241	Вхід річки до міста
Р1	48.569158, 32.237583	S1
Р2	48.524212, 32.246063	G1
Р3	48.513669, 32.251680	G2
Р4	48.507419, 32.254591	S2
Р5	48.497982, 32.270459	G3
Р6	48.458097, 32.306279	S3

P7	48.440502, 32.315668	S4
P8	48.430852, 32.352625	S5

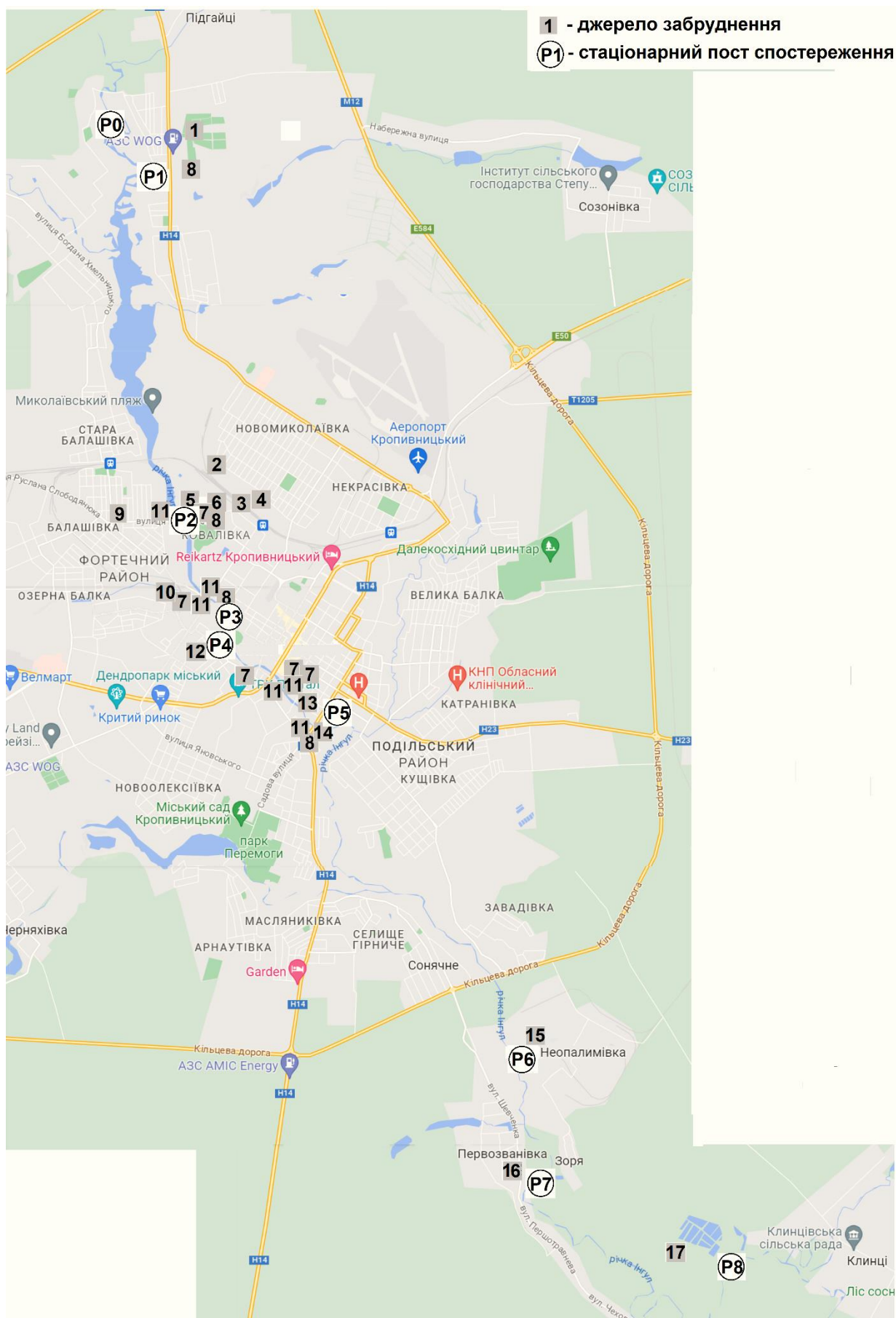


Рисунок 2.1 - Карта р. Інгул у м. Кропивницький з позначенням джерел забруднення поверхневих вод та стаціонарних постів спостереження

РОЗДІЛ 3

МЕТОДИ МОНІТОРИНГУ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД

Метою здійснення екологічного моніторингу поверхневих вод є отримання даних про якісний стан води у водоймах та оцінка змін якості води внаслідок дії антропогенних факторів, вчасне виявлення екологічних небезпек для екологічних систем та небезпек для споживачів води.

Порядок та методи здійснення екологічного моніторингу поверхневих вод регламентується Єдиним міжвідомчим керівництвом з організації та здійснення державного моніторингу вод [26]. З 2019 року в Україні запроваджено європейські підходи щодо здійснення моніторингу вод відповідно до вимог Водної Рамкової Директиви [27, 28].

Державний моніторинг поверхневих вод України поділяється на діагностичний, операційний та дослідницький. Серед показників, за якими відбувається моніторинг розрізняють біологічні, фізико-хімічні, хімічні та гідроморфологічні. Кінцевою метою заходів з моніторингу є визначення екологічного стану поверхневих вод.

Моніторинг стану поверхневих вод включає, зокрема, організацію мережі пунктів спостережень за природним складом і забрудненням поверхневих вод. Мережі пунктів спостережень створюють з дотриманням таких умов:

- 1) Приділення підвищеної уваги дослідженню та контролю антропогенного впливу на поверхневі води;
- 2) Забезпечення систематичності і комплексності спостережень за показниками якості поверхневих вод та здійснення відповідних вимірів;
- 3) Узгодження термінів моніторингу з характерними гідрологічними ситуаціями та явищами;
- 4) Визначення показників якості води стандартними методами;
- 5) Оперативність отримання інформації про якість води у водних об'єктах.

Головним принципом організації заходів моніторингу якості поверхневих вод є їх комплексність.

Найважливішим етапом організації робіт з розгортання мережі пунктів спостереження є вибір та обґрунтування місць їх розміщення. Пункти моніторингу стану поверхневих вод поділяються на постійні та тимчасові. Ці пункти розташовують переважно у місцях, де спостерігається суттєвий вплив господарської діяльності на водні об'єкти.

Основними об'єктами, які потребують моніторингу, є місця потрапляння до водних об'єктів стічних і дощових вод з прилеглих територій, місця скиду стічних вод окремих підприємств, теплоелектростанцій, колекторно-дренажних вод, зворотних вод тощо.

Пост моніторингу якості поверхневих вод – це місце на водному об'єкті, де здійснюють певну номенклатуру вимірювань для отримання потрібних даних про якісні й кількісні характеристики води.

Води об'єкта, за якими здійснюється спостереження, за глибиною поділяють на умовні горизонти. Кількість таких горизонтів для конкретного посту моніторингу визначається з урахуванням глибини водного об'єкта в цьому місці. Так при глибині до 5 м обирається всього один горизонт у залежності від сезонних умов: влітку – в межах 0,3 м від поверхні води, взимку – під нижньою поверхнею льоду [29]

Ведення державного моніторингу поверхневих вод, в зоні діяльності регіонального офісу водних ресурсів у Кіровоградській області, здійснює лабораторія моніторингу вод та ґрунтів. Періодичність відбору проб поверхневих вод по фізико-хімічним показникам складає 1 раз на місяць. Місце відбору проб (місце знаходження створу) - р. Інгул, Кіровоградське водосховище, м. Кропивницький, а саме питний водозабір.

Програми моніторингу у пунктах спостереження поділяють на обов'язкові і скорочені. Показники водних об'єктів, які контролюються при здійсненні скороченої програми моніторингу залежать від мети спостережень. В даній роботі призначенням створюваної АСПКЯВ є первинний контроль якості води та вчасне виявлення аномальних значень

показників якості води, отже, в якості контрольних показників якості води вибираємо найбільш інтегральні, описані в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 - Параметри води, що контролюються за допомогою АСПКЯВ

№ з/п	Найменування показника якості води	Обґрунтування вибору показника	Методи вимірювання	Значення показника у нормі [30]
1	2	3	4	5
1	Водневий показник рН	Ступінь кислотності або лужності води. рН змінюється в результаті реакцій, що відбуваються у воді	рН води визначають за допомогою рН-метра.	6,5-8,5
2	ОВП	Окисно-відновний потенціал. За значенням ОВП можна встановити приблизний іонний склад води	ОВП-метр. Принцип дії заснований на вимірюванні електричного потенціалу води на платиновому електроді відносно хлорсрібного електрода	≤ 150 мВ
3	Провідність	Розмір питомої електропровідності є приблизним показником сумарної концентрації неорганічних електролітів. Питомо електропровідність - зручний сумарний індикаторний показник антропогенного впливу	Питома електрична провідність вимірюється за допомогою кондуктометра	300 до 1200 мкСм/см

Продовження таблиці 3.1

1	2	3	4	5
4	Вміст розчиненого кисню	Зменшення значення цього показника вказує на збільшення вмісту у воді "споживачів" кисню. Зокрема, кисень води витрачається на такі процеси, як дихання бактерій, розкладання органічних сполук, окиснення хімічних речовин Fe^{2+} , Mn^{2+} , NO_2^- , NH_4^+ , CH_4 , H_2S .	Визначається електрохімічним методом	$\geq 4 \text{ мг/дм}^3$
5	Загальний вміст розчинених у воді солей	Підвищений вміст розчинених у воді солей шкідливе для рослинного та тваринного світу водойм	Визначається за показником електропровідності	$\leq 4 \text{ ммоль-екв / дм}^3$
6	Питомий електричний опір	Визначає хімічний й гранулометричний склад осадів стічних вод, їх концентрації, форми зв'язку вологи з твердими частками та інших факторів.	Визначається вимірюванням тиску за допомогою кондуктометра	0.02-1.0 Ом-м
7	Каламутність	Свідчить про мікробіологічне забруднення води. Дода з мутністю вище 1 NTU не може знезаражуватися ультрафіолетом і вимагає підвищеної витрати хімічних дезінфектантів.	Визначається мутноміром Бейліса шляхом порівняння досліджуваної води з відповідними зразками	$< 5 \text{ NTU}$

Продовження таблиці 3.1

1	2	3	4	5
8	Концентрація іонів амонію	Іони амонію з'являються у природних водах головним чином в результаті розкладання білкових сполук, які потрапляють з побутовими стічними водами, а також відходами виробництва. Наявність іонів амонію та нітритів у воді свідчить про її забруднення стічними водами.	Визначається фотометричним методом за допомогою фотоелектроколориметра	$\leq 0,5$ мг/л
9	Концентрація хлоридів	Підвищення рівня мінералів у низькозасолених водах є критичним для біологічної рівноваги. Джерелами хлоридів є комунальні, промислові та шахтні стічні води.	Електрохімічні прилади: це спосіб вимірювання концентрації вільного хлору у воді, який використовує електроди для вимірювання потенціалу окислювально-відновного процесу, що відбувається у зразку води.	≤ 350 мг/дм ³

Закінчення таблиці 3.1

1	2	3	4	5
10	Концентрація нітратів	Присутність нітратних іонів у природних водах пов'язано з промисловими і господарсько-побутовими стічними водами особливо після біологічного очищення, коли концентрація досягає 50 мг/дм ³ ; стоком із сільськогосподарських угідь, на яких застосовуються азотні добрива.	Визначається фотометричним методом за допомогою фотоелектроколориметра	≤ 10мг / л
11	Температура	Впливає практично на всі процеси, від яких залежать склад і властивості води. Від температури залежать значення інших показників води, наприклад, вміст та розчинність кисню.	Вимірюється термометром	0 - 30 °С
12	Атмосферний тиск	Впливає на значення інших показників води.	Вимірюється барометром	760 мм рт. ст.

Отримані в результаті вимірювань показників якості води в р. Інгул дозволять створити характеристики поверхневих вод річки для кожного СПМСРВ окремо та для досліджуваної ділянки в цілому:

- 1) характерний для місця вимірювань стан поверхневих вод у межах норм (природний);
- 2) характерний постійно проблемний з певним відхиленням від норм стан поверхневих вод для певної ділянки річки;
- 3) аномальний стан поверхневих вод із значним відхиленням від нормативних або характерних для даної місцевості показників.

Методики оцінки якості води за результатами аналізу проб приведені у працях [31, 32, 33]. При оцінці якості води беруться до уваги:

- гранично допустима концентрація речовини (ГДК) – рівень концентрації речовин у воді, при перевищенні якого вода вважається непридатною для вживання;

- лімітуюча ознака шкідливості (ЛОШ) – ознака шкідливості води при використанні, яка з'являється при найменшій концентрації певної речовини у ній. Розрізняють чотири класи шкідливості речовин: перший – надзвичайно шкідливі; другий – високошкідливі; третій – шкідливі; четвертий – помірно шкідливі.

Вода вважається придатною до використання людиною та безпечною для екологічних систем при дотриманні таких умов:

- 1) для речовин першого та другого класів шкідливості

$$\sum \frac{C_i}{ГДК_i} \leq 1, \quad (3.1)$$

де C_i та $ГДК_i$ – відповідно концентрація та ГДК i -ї речовини першого чи другого класу шкідливості.

- 2) для речовин третього та четвертого класів шкідливості виконується умова

$$C \leq ГДК \quad (3.2)$$

де C – концентрація речовини у воді, г/м³.

РОЗДІЛ 4

ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ ТА ТЕСТУВАННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ПЕРВИННОГО КОНТРОЛЮ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД

4.1. Функції автоматизованої системи первинного контролю якості поверхневих вод

Автоматизовані системи спостереження за станом поверхневих вод виступають первинною ланкою систем контролю якості води в водних об'єктах. Слід зауважити, що автоматизовані системи спостереження не можуть виконувати функції всебічного та вичерпного контролю стану поверхневих вод, оскільки деякі показники, такі як, наприклад, бактеріологічні можуть бути досліджені лише в лабораторних умовах. Тому крім автоматизованих систем первинного спостереження, комплексний контроль якості води передбачає наявність як пересувних, так і стаціонарних гідрохімічних лабораторій. Вимоги до автоматизованих систем спостереження за станом поверхневих вод регламентуються державними стандартами України [34].

Автоматизована система диспетчерського контролю якості поверхневих вод р. Інгул повинна забезпечувати наступні функції:

- 1) Контроль основних показників якості поверхневих вод, а саме, каламутність, кольоровість, нітрати та нітрیتی, рН, розчинений кисень, електропровідність, хлориди, температуру тощо;
- 2) Подання сигналу сповіщення при виході значень параметрів якості води за межі допустимих норм;
- 3) Подання сигналу сповіщення при несправності станції моніторингу, втраті зв'язку;
- 4) Формування звітів про якість поверхневих вод на ділянці відповідальності.

Для повноцінного функціонування АСПКЯВ, що розроблюється, до її складу необхідно включити наступні підсистеми:

- мережу автоматичних СПМСПВ;
- центральний пост, обладнаний системою збору та аналізу даних у вигляді комп'ютера-сервера, оснащеного відповідним програмним забезпеченням;
- систему обміну даними між СПМСПВ та сервером;
- систему ідентифікації СПМСПВ;
- систему сповіщення про наднормативне забруднення води у р. Інгул;
- систему сповіщення про вихід СПМСПВ з ладу.

4.2. Проектування системи

Головним модулем, що забезпечує роботу СПМСПВ є електронний багатопараметровий аналізатор якості води. До функцій цього приладу входить вимірювання основних показників якості води за допомогою набору сенсорів, перетворення отриманих фізичних та хімічних показників в цифрові дані та збереження цієї інформації в пам'яті приладу або передачі на сервер.

В якості аналізатора стану поверхневих вод для СПМСПВ проектуємої АСПКЯВ був вибраний портативний багатопараметровий аналізатор води HI 9829-01202 фірми HANNA Instruments, Німеччина [35].

Прилад має наступні переваги:

- мікропроцесорний мультисенсорний зонд дозволяє вимірювання до 14 параметрів якості води;
- вологозахищеність - прилад має корпус із захистом IP67 та витримує занурення у воду до 1 м протягом 30 хвилин. Датчик має захист IP68;
- у датчик і прилад вбудовані сенсори температури і тиску, за допомогою яких відбувається компенсація при вимірюванні рН, кисню та провідності;

- дозволяє зберігати в пам'яті до 44000 результатів, які потім можна передати на комп'ютер для обробки;
- оснащений 12-канальним GPS-приймачем та антеною. Відстежує місцезнаходження приладу за допомогою супутників з точністю до 10 м;



Рисунок 4.1 - Багатопараметровий аналізатор води HI 9829-01202

- комбінований сенсор дозволяє виміряти каламутність без використання додаткових приладів;
- можлива довжина кабелю від зонда до приладу 4, 10 чи 20 м;
- автономність - прилад та датчик мають власне живлення від акумуляторів, що забезпечує до 70 днів роботи;
- наявність штатного програмного забезпечення HI9298194 для персонального комп'ютера;
- прилади провідної фірми HANNA Instruments зарекомендували себе у світі як надійні та зручні в експлуатації.

Зонд передає показання в цифровому вигляді з можливістю реєстрації даних, коли його відключено від лічильника. Додатковий GPS забезпечує відстеження місцезнаходження вимірювань, отже ідентифікацію певної СПМСПВ мережі.

Таблиця 4.1 - Параметри, що вимірюються багатопараметровим аналізатором HI 9829-01202

№ з/п	Параметр	Діапазон вимірювання	Роздільна здатність
1	2	3	4
1	Водневий показник рН/mV	0.00 до 14.00 рН / ±600.0 mV	0.01 рН / 0.1 mV
2	ОВП mV	±2000.0 mV	0.1 mV
3	Концентрація іонів амонію	0.02 до 200 ppm	0.01 ppm до 1 ppm; 0.1 ppm до 200 ppm
4	Хлориди	0.6 до 200 ppm	0.01 ppm до 1 ppm; 0.1 ppm до 200 ppm
5	Нітрати-нітрогени	0.62 до 200 ppm	0.01 ppm до 1 ppm; 0.1 ppm до 200 ppm
6	Провідність	0 до 200 mS/cm	0.001 mS/cm
7	Загальний вміст розчинених у воді солей	0 до 400000 мг/л	1 мг/л (ppm)
8	Питомий опір	0 до 999999 Ом•см	залежить від показань питомого опору
9	Солоність	0.00 до 70.00 PSU	0.01 PSU
10	Каламутність	0.0 до 99.9 FNU; 100 до 1000 FNU	0.1 FNU від 0.0 до 99.9 FNU; 1 FNU від 100 до 1000 FNU

11	Розчинений кисень	0.0 до 500.0%; 0.00 до 50.00 ppm	0.1%; 0.01 ppm
12	Солоність морської води	0 до 50.0 ‰	0.1 ‰

Закінчення таблиці 4.1

1	2	3	4
13	Атмосферний тиск	450 - 850 мм рт. ст.	0.1 мм рт. ст.
14	Температура	-5.00 до 55.00°C	0.01°C

При проектування СПМСРВ були враховані наступні фактори:

- переріз русла р. Інгул в м. Кропивницькому суттєво мінливий і має різні профілі в різних місцях міста (рисунок 4.2), (Додаток 1);
- на ділянці від дамби ТЕЦ до Михайлівської дамби (Додаток 2) коливання рівню води в р. Інгул у залежності від сезону, погодних умов та управління зазначеними дамбами досягає декількох метрів. Отже, слід передбачити міри з запобігання затопленню обладнання СПМСРВ.

У зв'язку з цим передбачається два варіанти установлення СПМСРВ на місці спостереження (рисунок 4.3):

- 1 - на залізобетонній основі з розміщенням на березі або на дні річки;
- 2 - на металевому кронштейні, що кріпиться до бетонної стіни набережної або дамби.

СПМСРВ (рисунок 4.3) включає основу 1, виконану у вигляді залізобетонного блоку, з провушинами 2, які служать для підйому СПМСРВ при зміні розташування, металевої монтажної плити 3, нероз'ємно сполученої з арматурою основи, стійки 4, до якої кріпиться обійма 5 з аналізатором 6, акумулятор живлення 7 та реле часу 8. На монтажній платформі 3 також встановлено шарнірну стійку 9, відносно якої повертається тримач 10 виносу 11 кабелю 12 аналізатора. Виніс 11 виконаний у вигляді труб з високоміцного пластика, які мають різний

діаметр, розміщені одна в одній з можливістю телескопічного переміщення та фіксації за допомогою гвинта 13. Загальна можлива довжина виносу складає 3.5 м. На кінці виносу закріплений тримач 14 з мультисенсорним зондом 15 аналізатора. Навколо зонду встановлено захисну сітку 16, яка запобігає намотуванню на зонд рослин та засміченню. Зонд утримується на

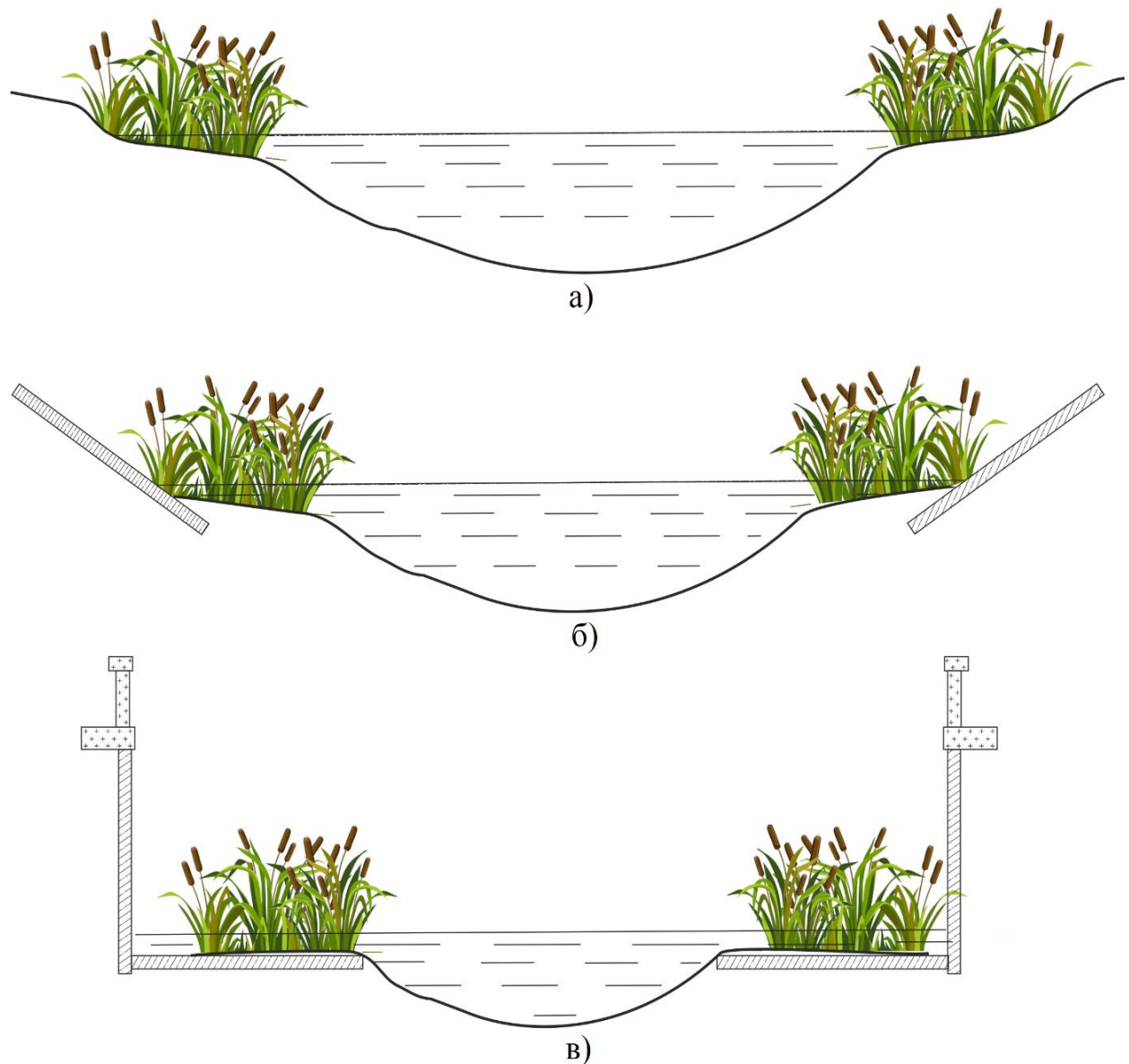


Рисунок 4.2 - Переріз русла р. Інгул в різних місцях м. Кропивницький за течією: а) вище дамби ТЕЦ та нижче Михайлівського мосту; б) від мосту по вул. Київська до Ковалівського мосту; в) від Ковалівського мосту до Михайлівського мосту

глибині в межах 30 см за допомогою поплавка 17. Установлене на

платформі 3 обладнання поміщено у контейнер 18 з високоміцного пластика, який має кришку 19 з петлями 20 та засувкою 21 і отвір для виходу кабелю зонда. Зовні контейнера 18 на платформі 3 закріплений захисний металевий корпус 22 з кришкою 23, петлями 24 та замком 25. Патрубки 26, вмонтовані у основу 1, служать для швидкого встановлення переносної огорожі 27, яка

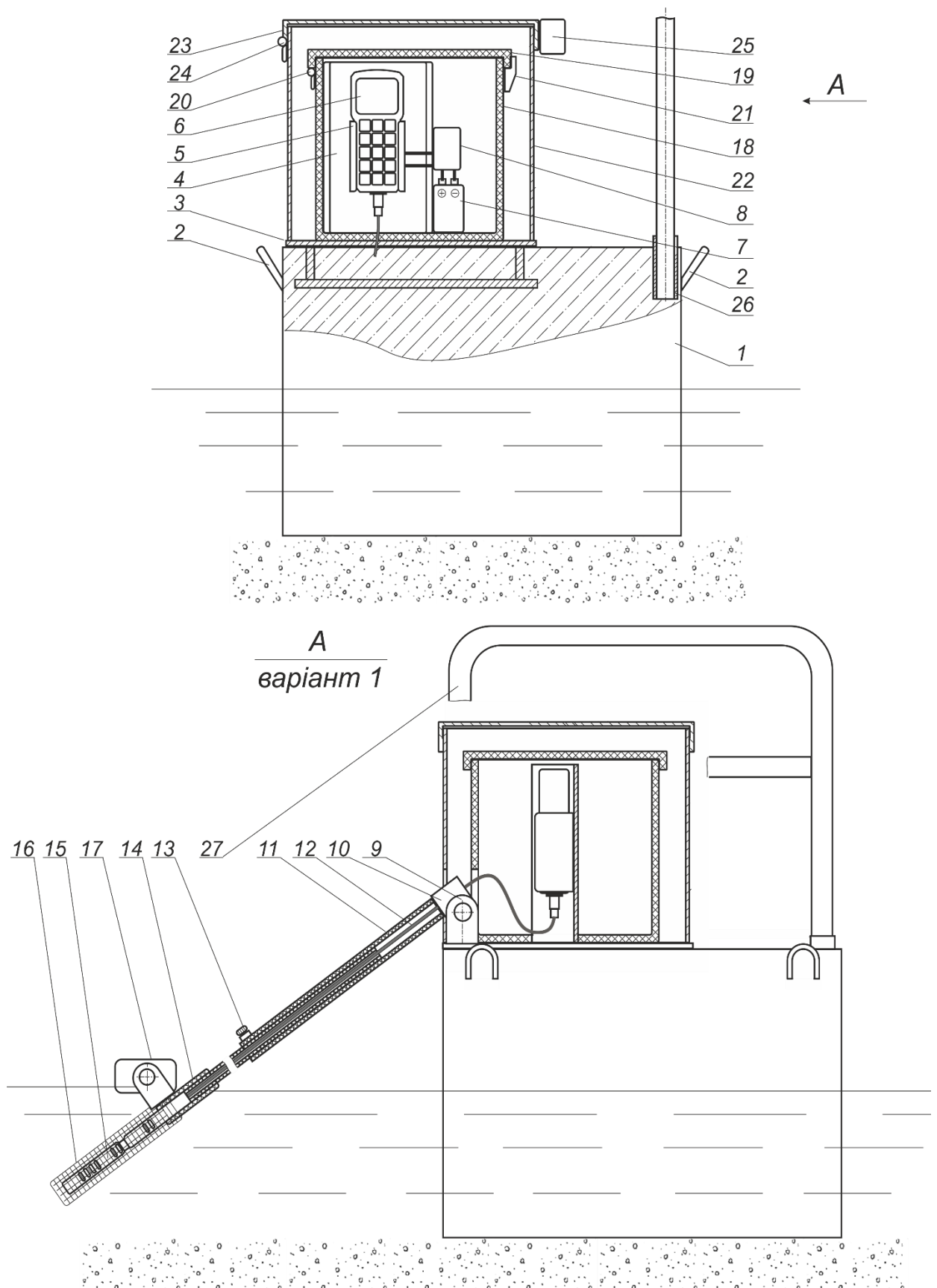


Рисунок 4.3 - Загальний вигляд СПМСПВ за варіантом 1 установки

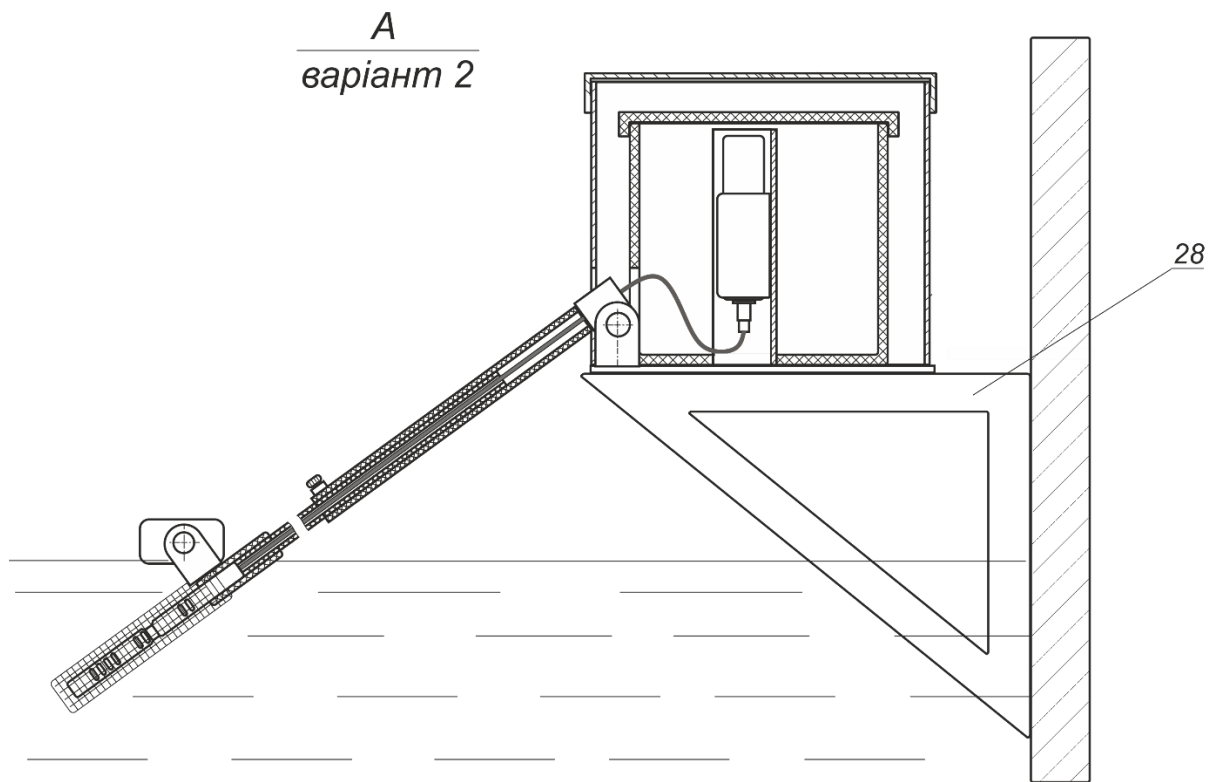


Рисунок 4.4 - Загальний вигляд СПМСПВ за варіантом 2 установлення

повинна використовуватися при обслуговуванні СПМСПВ персоналом. При кріпленні СПМСПВ до стіни набережної використовується кронштейн 28.

Живлення обладнання СПМСПВ здійснюється від акумулятора постійного току напругою 12В. Аналізатор якості води ж енергоефективним приладом, який включається періодично на короткий час, що забезпечує термін роботи від акумулятора не менше 3 місяців.

Вмикання аналізатору відбувається автоматично з заданою періодичністю, наприклад, один раз на годину, що дозволяє виконувати контроль стану води на постійній основі та своєчасно отримувати оповіщення про аномальні показники параметрів води, які свідчать про певні забруднення.

Автоматичне вмикання аналізатора здійснюється за допомогою програмованого реле часу (рисунок 4.5), яке має наступні характеристики [36]:

- можливість задати 15 програм у день, програмувати включення і виключення 7 днів на тиждень;
- точність ходу ± 2 сек / добу;
- живлення 12В;
- діапазон налаштування 1 хв - 168 годин;
- вбудований резервний акумулятор дозволяє зберегти налаштування більше 60 днів;
- температура використання $-20^{\circ}\text{C} + 50^{\circ}\text{C}$.



Рисунок 4.5 - Програмоване реле часу

При бездротовому надсиланні результатів вимірювання параметрів поверхневих вод з СПМСПВ на центральний пост (сервер) дані проходять наступні стадії:

- зонд для вимірювання показників води;
- передавальний пристрій;
- приймальний пристрій;
- система накопичення і / або відображення даних;
- програмне забезпечення для аналізу даних, отримання звітів тощо.

Схему бездротової мережі АСПКЯВ представлено на рисунку 4.6.

У найпростішому випадку частота знімання даних є фіксованою і незмінною. Частоту вимірювань та передавання даних слід установлювати

з міркувань часу розповсюдження типових забруднень та часу розбавлення їх у водному масиві.

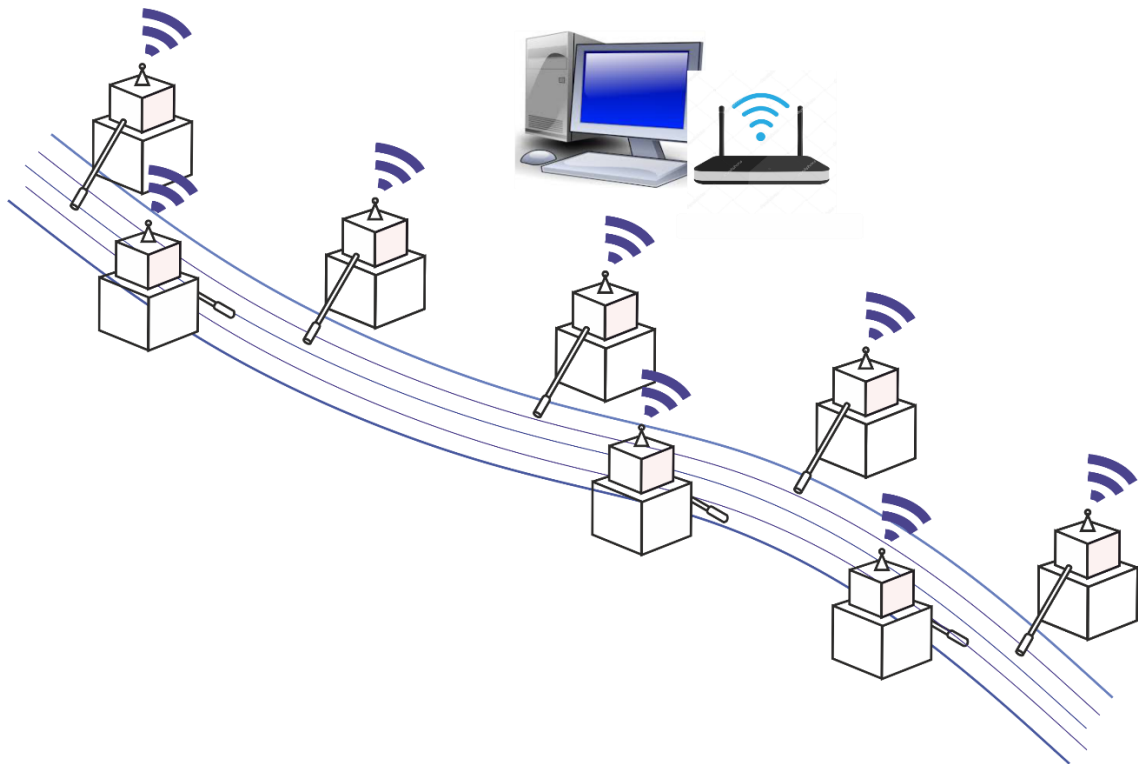


Рисунок 4.6 - Схема бездротової мережі АСПКЯВ

Підключившись до бездротової мережі, аналізатор СПМСПВ, оснащений бездротовою картою, буде підтримувати бездротове підключення у випадку, якщо параметри сигналу залишаються на достатньому рівні. Тому бездротовий зв'язок між СПССПВ та сервером центрального посту здійснюється за технологією 802.11n [37] (таблиця 4.2).

Порядок роботи АСПКЯВ наступний. Мультисенсорний зонд аналізатора якості води 15 постійно занурений у поверхневий шар води, в якому утримується за допомогою поплавка 17. У заданий програмою час реле 8 включає аналізатор, який надсилає запит до сенсорів зонду та отримує від них фізико-хімічні показники води у річці. Отримані дані записуються в пам'ять приладу а також передаються разом з датою, часом та географічними координатами точки вимірювання шляхом бездротового

зв'язку на сервер. На сервері обробка даних відбувається в такі етапи:

Таблиця 4.2 - Характеристики технології 802.11n

Швидкодія	Залежно від кількості потоків даних, що підтримуються обладнанням, протокол 802.11n може передавати дані зі швидкістю до 150 Мбіт/с, 300 Мбіт/с, 450 Мбіт/с або 600 Мбіт/с.
Переваги	• Найбільша швидкість • Використання кількох сигналів та антен для збільшення швидкості • Більша кількість одночасно підключених користувачів • Найбільший радіус дії сигналу, який піддається меншому ослабленню перешкод • Несприйнятливий до перешкод від інших пристроїв • Може використовувати частоту 2,4 ГГц, так і частоту 5,0 ГГц • При використанні частоти 2,4 ГГц має сумісність із мережними адаптерами, маршрутизаторами та точками доступу, що використовують технологію 802.11g

- отримані дані записуються у базу даних сервера, яка є складовою програмного забезпечення фірми Hanna Instruments HI-929829 (постачається разом з аналізатором HI 9829-01202);

- дані GPS навігації дозволяють ідентифікувати СПМСПВ, що дозволяє вести окремі журнали (окремі таблиці загальної бази даних) для кожного з постів;

- програмне забезпечення автоматично наносить на карту зразки на

сервері через підключення до Інтернету. Показує точки розташування на карті з даними вимірювань (рисунок 4.7);



Рисунок 4.7 - Обробка даних, надісланих аналізатором HI 9829-01202

- за допомогою модуля аналізу даних новий запис даних порівнюється із збереженими в пам'яті сервера значеннями ГДК. При перевищенні якимись з даних значень ГДК програма генерує візуальний на екрані та звуковий через динаміки сигнал тривоги з вказанням місцезнаходження відповідного СПМСПВ. Далі уповноваженими працівниками екологічних служб можуть бути взяті додаткові проби води в цьому місці річки для уточнених детальних аналізів та прийняття відповідних рішень;;

- дані нового запису, що додається у базу даних, також порівнюються із середніми значеннями показників якості води за заданий період і, якщо вони суттєво перевищують середні значення навіть в межах ГДК, то вважаються аномальними. В такому разі модуль аналізу виводить

на екран повідомлення для чергового оператора центрального поста;

- програмне забезпечення дозволяє формувати звіти за даними, надісланими з СПМСПВ за різними критеріями та у різних формах;

- при виявленні модулем аналізу некоректних даних або у випадку припинення надходження даних від певного СПМСПВ програмне забезпечення також генерує відповідне візуальне та звукове сповіщення.

4.3. Розгортання та обслуговування системи

Розгортання та налагодження АСПКЯВ передбачає виконання наступних заходів:

- 1) Монтаж обладнання на платформах СПМСПВ;
- 2) Уточнення місць та умов встановлення СПМСПВ на р. Інгул, а саме, рельєфу місцевості, дна річки, рослинності та умов безпеки обладнання;
- 3) Перевірка рівня потужності сигналів бездротової мережі зв'язку між вибраним місцем та центральним постом;
- 4) Підготовка обраних місць для встановлення СПМСПВ - розчищення, вирівнювання тощо;
- 5) Доставка СПМСПВ до визначених місць, розвантаження та встановлення;
- 6) Регулювання обладнання СПМСПВ на місцях;
- 7) Калібрування аналізаторів якості води за допомогою калібрувальних розчинів, які додаються в комплекті до приладу;
- 8) Налагодження та програмування реле часу СПМСПВ на заданий інтервал включення. Перевірка пробного включення в заданий час;
- 9) Установка та налагодження спеціального програмного забезпечення на комп'ютері-сервері центрального посту;
- 10) Перевірка мережевого обладнання та потужності сигналів бездротової мережі зв'язку на центральному посту;
- 11) Ідентифікація сервером всіх установлених на річці СПМСПВ;

12) Перевірка роботи СПМСПВ у автоматичному режимі: включення аналізатора якості води за допомогою реле часу, аналіз води та відправка отриманих даних шляхом бездротового зв'язку на сервер центрального посту;

13) Занесення програмним забезпеченням нового запису даних до бази даних, запуск модуля аналізу даних та виконання аналізу;

14) Імітація перевищення ГДК шляхом занурення мультисенсорного зонду в ємність із забрудненою водою, включення аналізатору, відправка даних на сервер та перевірка системи генерації сигналу сповіщення про виявлення критичного забруднення у воді;

15) Імітація виходу з ладу обладнання СПМСПВ шляхом тимчасового відключення живлення та перевірка системи генерації сигналу сповіщення серверу про вихід з ладу певного СПМСПВ.

Обслуговування АСПКЯВ полягає у

- періодичному корегуванні місцеположення окремих СПМСПВ відносно джерел забруднення р. Інгул;
- періодичному за графіком очищенні сіток зондів аналізаторів якості води та заміні акумуляторів живлення на заряджені;
- періодичному калібруванні аналізаторів якості води;
- за необхідності розчищенні місць знаходження СПМСПВ.

Для виконання цих робіт слід передбачити наявність транспортних засобів, надувного човна, знімної огорожі, трапу, драбини, монтажно-демонтажних та шанцевих інструментів, засобів безпеки, таких як надувні рятувальні жилети, страхувальні ремені. Для зміни місце положення СПМСПВ залучається підйомно-вантажна техніка та відповідний персонал.

4.4. Тестування системи

Тестування АСКПЯВ було виконано в обсязі вимірювання показників якості води в р. Інгул за допомогою багатопараметрового аналізатору води НІ 9829-01202 в місцях, що відповідають координатам,

приведеним у таблиці 2.2. Результати вимірювань порівнювалися з середньорічними концентраціями речовин у контрольних створах р. Інгул за 2021 рік (таблиця 1.3). Результати вимірювань представлені в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 - Показники якості води в р. Інгул в контрольних точках АСПКЯВ, отримані за допомогою аналізатора НІ 9829-01202

Показник якості води	Пост спостереження									Середнє значення за 2021р.
	P0	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	
Водневий показник рН	6,81	6,85	7,33	7,34	7,56	7,53	7,68	7,69	7,71	7,26
ОВП, мВ	117,3	117,4	118,4	120,1	119,7	119,2	123,8	120,3	121,5	-
Концентрація іонів амонію, мг/дм ³	0,05	0,07	0,07	0,08	0,11	0,10	0,19	0,22	0,24	0,21
Хлориди, мг/дм ³	15,64	18,19	28,11	37,14	38,25	45,29	68,44	69,72	71,13	70,24
Нітрати-нітрогени, мг/дм ³	1,49	1,57	1,55	1,48	1,49	1,51	1,64	1,64	1,65	1,58
Провідність, мкСм/см	96,1	97,7	100,2	106,4	108,1	112,3	119,8	117,4	118,2	-
Загальний вміст розчинених у воді солей, мг-екв/дм ³	6,1	6,1	6,3	6,4	6,6	6,6	7,4	7,3	7,3	6,7
Каламутність, мг/л	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Розчинений кисень, мгО ₂ /дм ³	12,57	11,18	11,05	9,81	9,78	9,77	8,95	7,88	7,53	10,27

На рисунку 4.8 представлено графіки зміни показників якості води за течією р. Інгул та розкид виміряних значень показників відносно середніх значень за 2021р.

З графіків можна зробити висновки:

1. Виміряні значення показників якості води знаходяться у межах встановлених ГДК.

2. Виміряні значення показників забруднення в цілому нижчі за середні значення аналогічних показників у 2021 р.

3. Якість води у річці Інгул погіршується при проходженні через м. Кропивницький та селища Неопалимівку, Первозванівку, Клинци: вміст

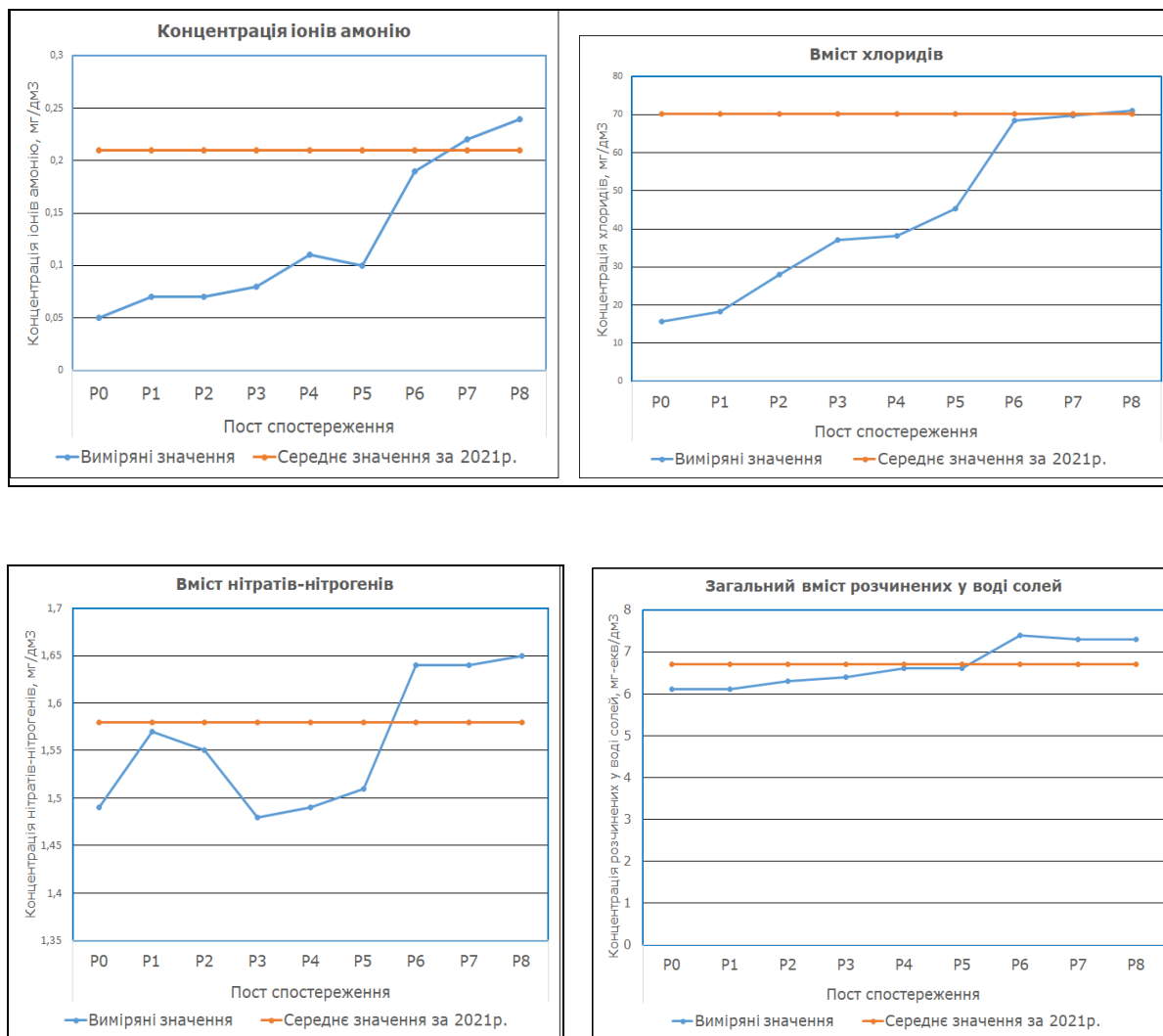


Рисунок 4.8 - Графіки зміни показників якості води за течією р. Інгул

іонів амонію збільшується у 5 раз; вміст хлоридів - у 4.7 рази; вміст нітратів-нітрогенів - у 1.1 рази; загальний вміст розчинених у воді солей - в 1,2 рази, що свідчить про суттєвий і деструктивний антропогенний вплив на річку на досліджуваній ділянці.

Статистичні характеристики показаних на графіках величин представлені в таблиці 4.4. Розраховані статистичні характеристики демонструють помітну варіативність показників якості води за течією річки та підтверджують антропогенний вплив на стан поверхневих вод Інгулу.

Таблиця 4.4 - Статистичні характеристики за сукупностями виміряних значень показників якості води в р. Інгул

№ з/р	Показник	Дисперсія	Середнє квадратичне відхилення
1	Концентрація іонів амонію	0,0051	0,0716
2	Вміст хлоридів	474,72	21,788
3	Вміст нітратів-нітрогенів	0,0050	0,0705
4	Загальний вміст розчинених у воді солей	0,2744	0,5239

РОЗДІЛ 5

ОХОРОНА ПРАЦІ ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ПЕРВИННОГО КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД

Серед робіт, які здійснюються під час монтажу та експлуатації АСКПЯВ та потребують заходів з безпеки та охорони праці, є підйомно-транспортні роботи з установа СПМСРВ, роботи, що проводяться над водою при обслуговуванні СПМСРВ, та роботи з експлуатації офісної та комп'ютерної техніки на центральному посту спостереження.

Правила охорони праці під час вантажно-розвантажувальних робіт, затверджені наказом Міненерговугілля від 19.01.2015 № 21; НПАОП 0.00-1.75-15 [38].

Правила охорони праці під час експлуатації вантажопідіймальних кранів, підіймальних пристроїв і відповідного обладнання, затверджені наказом Мінсоцполітики від 19.01.2018 № 62 (НПАОП 0.00-1.80-18).

Вантажно-розвантажувальні роботи повинні проводитися під наглядом працівника, який відповідає за безпечне проведення цих робіт. Перед підйомом і переміщенням вантажів потрібно перевірити справність вантажозахоплювальних пристроїв, стійкість вантажу і правильність його строкування, відсутність предметів, які перешкоджають переміщенню вантажів. Працівникам або іншим особам забороняється перебувати під вантажем, зверху вантажу або в зоні його можливого падіння..

Роботи над водою повинні виконуватися за нарядом-допуском не менше, ніж двома працівниками та під керівництвом працівників, які відповідають за проведення робіт [39]. Працівники, що виконують експлуатаційне обслуговування, промірні та гідрометричні роботи на річках і водоймах, повинні бути забезпечені індивідуальними засобами захисту, а саме, рятувальними жилетами, страхувальними канатами, касками тощо.

На місці робіт повинні бути в наявності в достатній кількості необхідні рятувальні засоби, такі як черговий рятувальний човен, не менше двох рятувальних кругів, багри, рятувальні мотузки. Під час переміщення вантажів і людей на воді забороняється користуватися плавучими засобами з малою стійкістю та з висотою бортів менше 30 см.

Містки, розташовані над водою, не повинні мати виступаючих та слизьких елементів, об які можна спіткнутися або на яких можна послизнутися, та повинні бути міцними та стійкими.

При виконанні робіт над поверхневими водними об'єктами, що мають берегову лінію, або на відстані ближче ніж 2 м від берегової лінії повинні забезпечуватися заходи запобігання падінню людей у воду рятувальними плавзасобами.

Питання охорони праці та правила безпеки при роботі з офісною, комп'ютерною та мережевою технікою розглянуті у працях вітчизняних вчених [40].

Приміщення центрального посту спостереження АСПКЯВ повинно відповідати санітарним нормам [41].

Запорукою безпечної роботи є виконання вимог електричної безпеки, оскільки все офісне обладнання заживлюється від електричної мережі. Одним з необхідних засобів електричної безпеки є встановлення захисного заземлення.

При роботі з комп'ютерною та офісною технікою головними причинами ураження електричним струмом є двофазне дотикання; однофазне дотикання; дотик до корпусу обладнання, яке не проводить струм, але опинилося під напругою; перебування в зоні дії атмосферної або статичної електрики; вхід у зону дії електромагнітного поля.

Правильна організація експлуатації й обслуговування комп'ютерної та офісної техніки, контрольно-вимірювальної апаратури оговорена "Правилами технічної експлуатації електроустановок споживачів і правил техніки безпеки при експлуатації електроустановок споживачів".

Виконаємо розрахунок параметрів захисного заземлення для центрального посту спостереження АСПКЯВ за методикою [42].

Початкові дані, необхідні для розрахунку:

- Допустимий опір розповсюдженню струму в землі від заземлювального пристрою $R_{\text{зн}} = 10 \text{ Ом}$;
- питомий опір ґрунту в місці встановлення заземлювача $\rho_3 = 100 \text{ Ом/м}$;
- тип ґрунту – суглинок;
- тип заземлювача – труба, діаметром $d=0.05 \text{ м}$ і довжиною $l=2 \text{ м}$;
- конструкція заземлювача – розташування заземлювачів по контуру.

Розрахунок проводимо за стандартною методикою:

Визначимо розрахунковий опір землі:

$$\rho_{\text{pz}} = \phi \cdot \rho_3 \quad (5.1)$$

де ϕ – коефіцієнт сезонності, що враховує коливання питомого опору при зміні вологості ґрунту протягом року; при використанні заземлювача довжиною $l = 2 \text{ м}$ при глибині закладання від вершини $h = 0.5 \text{ м}$ $\phi = 1.1$ для четвертої кліматичної зони.

Схема розташування заземлювачів показана на рисунку 5.1.

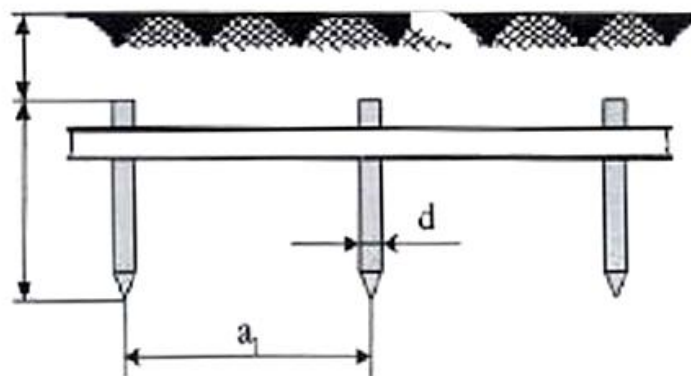


Рисунок 5.1 - Схема розташування заземлювачів

Опір землі:

$$\rho_{\text{pz}} = 1,1 \cdot 100 = 110 \text{ Ом}\cdot\text{м}$$

Опір R_B , розповсюдженню струму в землі від одного вертикального заземлювача:

$$R_B = \frac{\rho_{pz}}{2\pi \cdot l} \left(\ln \frac{2 \cdot l}{d} + 0.5 \ln \frac{4t+l}{4t-l} \right) \quad (5.2)$$

де l – довжина заземлювача ($l = 2$ м);

$d = 0.05$ м – діаметр заземлювача при $U < 1$ кВ та при $S < 100$ кВА;

t – відстань від поверхні до середини заземлювача:

$$t = h + l/2 = 0.6 + 2/2 = 1.6 \text{ м.}$$

$$R_B = \frac{110}{2 \cdot 3.14 \cdot 2} \left(\ln \frac{2 \cdot 2}{0.05} + 0.5 \ln \frac{4 \cdot 1.6 + 2}{4 \cdot 1.6 - 2} \right) = 41.22 \text{ Ом}$$

Визначаємо потрібну кількість заземлювачів:

$$n' = \frac{R_B}{R_{zn}} = \frac{41.22}{10} = 4.12 \approx 4 \text{ шт.} \quad (5.3)$$

Коефіцієнт використання вертикальних заземлювачів враховує ефект екранування. При вибраному значенні $k = a/l$, де a – відстань між вертикальними заземлювачами, м; $k = 1$ при $a = 2$ м. Таким чином коефіцієнт використання вертикального заземлювача за довідковими даними дорівнює $\eta_B = 0.6$.

Кількість вертикальних заземлювачів з урахуванням коефіцієнту використання η_B приблизно складає

$$n' = \frac{R_B}{R_{zn} \cdot \eta_B} = \frac{41.22}{10 \cdot 0.6} = 6.87 \approx 7 \text{ шт.}$$

Довжина горизонтального заземлювача, необхідна для розміщення вертикальних заземлювачів по контуру

$$L = a \cdot n = 2.7 = 14 \text{ м}$$

Опір горизонтального заземлювача R_{Γ} , Ом, прокладеного на

глибині $h = 0.5$ м від поверхні землі буде

$$R_z = \frac{\rho_{pz}}{2 \cdot 3.14 \cdot L} \ln \frac{2 \cdot L^2}{b \cdot h} = \frac{110}{2 \cdot 3.14 \cdot 14} \ln \frac{2 \cdot 14^2}{0.04 \cdot 0.5} \approx 12.35 \text{ Ом}$$

де $b = 0.04$ м – ширина сталеві смуги, з якої виготовлений заземлювач.

Обчислюємо загальний опір:

$$R_z = \frac{R_B \cdot R_z}{n \cdot R_z \cdot \eta_B + R_B \cdot \eta_z} = \frac{41.22 \cdot 12.35}{8 \cdot 12.35 \cdot 0.6 + 41.22 \cdot 0.34} \approx 6.95 \text{ Ом} \quad (5.4)$$

де η_Γ - коефіцієнт використання горизонтального заземлювача ($\eta_\Gamma = 0.34$).

Маємо $6.95 \text{ Ом} < 10 \text{ Ом}$, отже нормативне обмеження $R_z < R_{z, \text{норм}}$ виконується.

ВИСНОВКИ

1. Річка Інгул має суттєві екологічні проблеми. Підприємства міста Кропивницький, розташовані неподалік від річки забруднюють її поверхневі води, зокрема, сульфат-іонами, нітрит-іонами, завислими речовинами, амоній-іонами, фосфатами, радіонуклідами ряду урану тощо.

2. Для прийняття ефективних мір з покращення стану поверхневих вод Інгулу необхідний систематичний, а бажано безперервний моніторинг показників якості води. Така об'ємна задача вимагає автоматизації процесів моніторингу та створення мережі постійнодіючих пунктів спостереження.

3. Впровадження автоматизованої системи первинного контролю якості поверхневих вод дозволяє зменшити час визначення забруднення з декількох годин до декількох хвилин та забезпечити централізований моніторинг якості води.

4. Розроблена автоматизована система первинного контролю якості води, призначена для безперервного дистанційного моніторингу за основними видами забруднень, дозволяє оперативно та вчасно виявляти екологічні небезпеки для поверхневих вод річки Інгул та приймати відповідні міри з їх усунення.

5. Перевірка стану води в р. Інгул за допомогою багатопараметрового аналізатора води показала, що значення показників якості води знаходяться в межах норми, але відрізняються на різних ділянках річки з помітною тенденцією до погіршення в напрямку течії при проходженні річкою міста Кропивницький та селищ Неопалимівка, Первозванівка, Клинци, що свідчить про суттєвий антропогенний вплив на річку в цих місцевостях.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДСТУ 7884:2015 Захист довкілля. Система моніторингу водних ресурсів. Основні положення. URL:
http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=62762
2. Водний кодекс України. Документ 213/95-ВР, Редакція від 19.08.2022, URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/213/95-вр/paran21#n21>
3. Загальнодержавна програма розвитку водного господарства. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2988-14#Text>
4. Аналітичний огляд стану водних ресурсів у лютому 2023 року. URL: <https://www.davr.gov.ua/news/analitichnij-oglyad-stanu-vodnih-resursiv-u-lyudomu-2023-roku>
5. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища Кіровоградської області у 2021 році. ДЕПАРТАМЕНТ ЕКОЛОГІЇ ТА ПРИРОДНИХ РЕСУРСІВ КІРОВОГРАДСЬКОЇ ОБЛАСНОЇ ДЕРЖАВНОЇ АДМІНІСТРАЦІЇ, 2022 рік. URL:
<https://drive.google.com/file/d/1HffhDV0E0n5F1l11u4rIITCQMAeyg7lD/view>
6. У Кропивницькому в річці Сугоклія загинула риба. Новини Суспільне: Кропивницький. Ірина Куницька, Антоніна Крейтор - 16 травня 2022, 18:00. URL: <https://suspilne.media/240033-u-kropivnickomu-v-ricci-sugoklia-zaginula-riba/>
7. Про затвердження Порядку здійснення державного моніторингу вод. Постанова № 758 Кабінету Міністрів від 19 вересня 2018 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/758-2018-п#Text>
8. Автоматизований контроль якості вод - Екологія. URL: http://8ref.com/16/referat_167429.html
9. Татаров А.В., Губа І.О. Автоматизовані системи контролю стану водних ресурсів. Кіровоград: Наукові записки КНТУ, вип.15, 2014. - С. 101-103. URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/84824933.pdf>

10. Татаров А.В., Травкіна І.С. Автоматизований контроль якості води. Кіровоград: Наукові записки КНТУ, вип.12, част.ІІ. - С. 262-264. URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/84825241.pdf>
11. Стеценко О.С., Глондар К.І.. Автоматизовані системи контролю забруднення поверхневих вод. Кіровоград: Наукові записки КНТУ, вип.11, ч.ІІ, 2011. - С. 214-217. URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/84825323.pdf>
12. Метрологічне забезпечення контролювання забруднення водного середовища. URL: <http://www.novaecologia.org/voecos-220-1.html>
13. Magdi Osman Ali Hamed. Automatic Control Technologies до Enhance Water. Published: November 5th, 2018. URL: <https://www.intechopen.com/chapters/61967>
14. V. Cerdà, J. Avivar, L. Ferrer, L.O. Leal. Automatic Water and Wastewater Quality Monitoring Systems. Springer Heidelberg New York Dordrecht London, 2013. - 31с. URL: https://www.researchgate.net/publication/261843746_Automatic_Water_and_Wastewater_Quality_Monitoring_Systems
15. Медведєва О.В., Марченко А.К. Розробка автоматизованої системи первинного контролю якості води річки Інгул в межах м. Кропивницький / Збірник тез доповідей здобувачів вищої освіти LVII науково-технічної конференції, LIV науково-технічної конференції викладачів, аспірантів та співробітників "Наука в ЦНТУ: основні досягнення та перспективи розвитку" за підсумками проведення "Дня науки 2023" 22 квітня 2023 року. Кропивницький: ЦНТУ, 2023. URL:
16. Коротка О. Хто «мутить воду» на Кіровоградщині або що дослідили екоактивісти ГО «Флора». 15.09.2020. URL: <https://www.prostir.ua/?news=hдо-mutyt-vodu-na-kirovohradschyni-abo-scho-doslidyly-ekoaktyvisty-ho-flora>
17. Дзюбак А. Чи можливо повернути колишню велич Інгулу? 31 липня 2015. URL: <https://gre4ka.info/suspilstvo/20322-chy-mozhlyvo->

[povernuty-kolyshniu-vely-ch-inhulu](#)

18. Олексій Гора. Чому у Кіровограді пересихає Інгул? URL: <https://gre4ka.info/suspilstvo/5090-chomu-u-kirovohradi-peresykhaie-inhul-fodo>

19. Кондакова А. О. Кіровоградом протікає загадкова річка – Інгул/ URL: <https://portal.prolisok.org/files/MR/Kondakova/ingul.doc>

20. Спотворений владою і людьми Інгул ще можна врятувати. 15.07.2016. URL: <https://persha.kr.ua/article/83351-spotvorenyj-vladoyu-i-lyudmy-ingul-shhe-mozhna-vryatuvaty/>

21. Осокіна А. Круглий стіл «Річка Інгул: проблеми та шляхи вирішення». URL: <https://old.library.kr.ua/orhus/inhul.html>

22. Ніколаєвський В. Що зливаємо, те і п'ємо: куди стікає кіровоградська каналізація. URL: <https://dozor.kr.ua/post/shcho-zlivaemo-te-i-pemo-kudi-stikae-kirovogradska-kanalizatsiya-1412.html>

23. Данильченко В. Посадовців водоканалу запідозрили у скиданні відходів у річку Інгул: вміст нітратів перевищено у 13 разів. 29 жовтня 2021 URL: <https://www.unn.com.ua/uk/news/1950177-posadovtsiv-vodokanalu-zapidozrili-u-skidanni-vidkhodiv-u-richku-ingul-vmist-nitrativ-perevischeno-u-13-raziv>

24. Екологічний паспорт Кіровоградської області за 2021 рік. URL: <https://drive.google.com/file/d/1vZtDmW8SmIxyjS8laJlBu3-pmA10JqVp/view>

25. Інгул. Матеріал з Вікіпедії — вільної енциклопедії. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Інгул>

26. Єдине міжвідомче керівництво з організації та здійснення державного моніторингу вод. Затверджено наказом Міністерства екології та природних ресурсів України від 24 грудня 2001 р. N 485.

27. Директива 2000/60/ЄС Європейського парламенту та Ради «Про встановлення рамок діяльності Співтовариства в галузі водної політики» від 23 жовтня 2000 р.

28. Директива 2006/11/ЄС Європейського Парламенту та Ради "Про забруднення, спричинене деякими небезпечними речовинами, що скидаються до водного середовища Співтовариства" від 15 лютого 2006 р.

29. Моніторинг поверхневих вод. Навчальний посібник для студентів спеціальності 101 «Екологія» та 183 «Технології захисту навколишнього середовища» освітній ступінь «бакалавр» усіх форм навчання – Полтава: ПолтНТУ, 2017. – 82 с.

30. Екологічні основи управління водними ресурсами : навч. посіб. / А.І. Томільцева, А.В. Яцик, В.Б. Мокін та ін. – К. : Інститут екологічного управління та збалансованого природокористування, 2017. – 200 с.

31. Моніторинг довкілля: підручник / [Боголюбов В.М., Клименко М.О., Мокін В. Б. та ін.]; за ред. проф. В.М. Боголюбова. Вид. 2-ге, переробл. і доповн. – Київ: НУБіПУ, 2018. – 435 с.

32. Основні засади управління якістю водних ресурсів та їхня охорона : навч. посібник / В. К. Хільчевський, М. Р. Забокрицька, Р. Л. Кравчинський, О. В. Чунар'ов / за ред. В. К. Хільчевського – К. : ВПЦ "Київський університет", 2015. – 172 с.

33. Лобода Н. С. Оцінка якості води річки Інгул за гідрохімічними показниками / Н. С. Лобода, Я. С. Яров, К. І. Роша // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. - 2010. - Т. 4. - С. 83-92. - URL:

http://nbuv.gov.ua/UJRN/glghge_2010_4_12.

34. ДСТУ 3832-98. Охорона навколишнього середовища. Автоматизовані системи контролю стічних вод. Типи та основні вимоги.

35. Портативний багатопараметровий аналізатор води HI 9829-01202. URL: <https://euro-eq.com/products/hi-9829-01202>

36. Програмоване реле часу 12В. URL: https://prom.ua/ua/p618073103-programmiruemoe-rele-vremeni.html?utm_source=google_pmax&utm_medium=cpc&utm_content=pmax&utm_campaign=Pmax_cpa_1_50_b2b&gclid=Cj0KCQjwjryjBhD0ARIsAMLvNF-OqLgx0Tf-ygrg50maTedxeTi0adAbmvsd-Ux5py8sCza-

37. Базові положення стандарту IEEE 802.11n для мереж Wi-Fi. URL: <https://help.keenetic.com/hc/uk/articles/213968809-Базові-положення-стандарту-IEEE-802-11n-для-мереж-Wi-Fi>

38. Основні правила безпеки виконання вантажно-розвантажувальних робіт. URL: <https://oppb.com.ua/news/osnovni-pravyla-bezpeky-vykonannya-vantazhno-rozvantazhuvalnyh-robot>

39. НПАОП 0.00-1.57-12. Правила безпеки при експлуатації каналів, трубопроводів, інших гідротехнічних споруд у водогосподарських системах (32275). URL:

https://dnaop.com/html/32275_4.html#:~:text=Усі%20ділянки%20проведення%20робіт%20на,що%20відповідають%20за%20проведення%20робіт%2E

40. Катренко Л.А., Катренко А.В. Охорона праці в галузі комп'ютерингу: Підручник. За науковою редакцією В.В. Пасічника. - Львів: «Магнолія 2006», 2012. - 544 с.

41. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень.

42. Розрахунки з електробезпеки. Розрахунок захисного заземлення. URL: https://cpo.stu.cn.ua/Oksana/rozrah_rozd_OP_DP_bak_spec_mag/90.html

Додаток 1
Особливості берегової лінії р. Інгул (м. Кропивницький)



Рисунок 1 - р. Інгул на вході в м. Кропивницький



Рисунок 2 - р. Інгул в с. Ледеківка



Рисунок 3 - р. Інгул, водосховище в районі Новомиколаївка



Рисунок 4 - р. Інгул перед дамбою ТЕЦ



Рисунок 5 - Профіль берега Інгулу від вул. Київської до вул. Вокзальна



Рисунок 6 - Берег Інгулу в центрі м. Кропивницький



Рисунок 7 - р. Інгул після проходження Михайлівської дамби

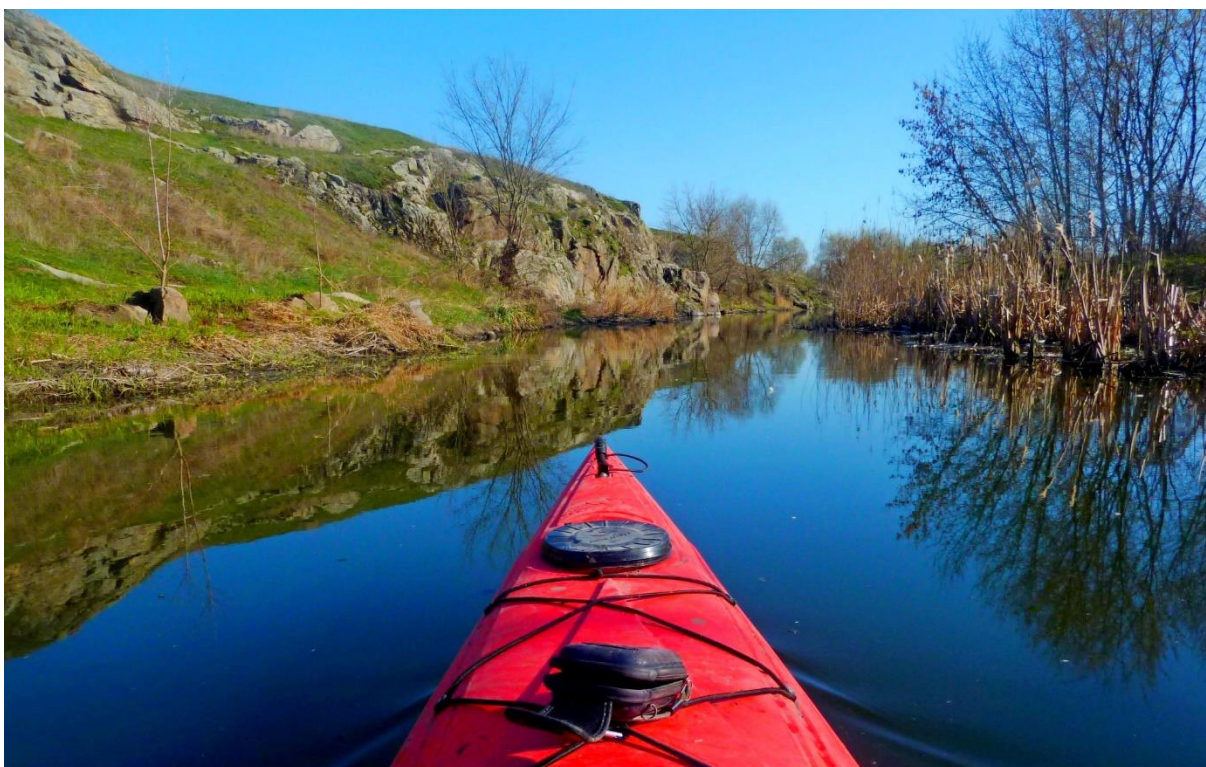


Рисунок 8 - Гранітні скелі в місцевості Завадівка на лівому березі Інгулу

Додаток 2

Дамби, що регулюють рівень води в р. Інгул



Рисунок 1 - Дамба біля ТЕЦ



Рисунок 2 - Михайлівська дамба