

Міністерство освіти і науки України  
Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Комп'ютерної інженерії та управління  
(повна назва)

Кафедра Автоматизації проектування обчислювальної техніки  
(повна назва)

## АТЕСТАЦІЙНА РОБОТА Пояснювальна записка

рівень вищої освіти другий (магістерський)  
(рівень вищої освіти)  
(позначення документа)

Спеціалізовані комп'ютерні засоби для діагностування  
стану річкової води й їх модульна різноманітність  
(тема)

Виконав: студент 6 курсу, групи СКСм-20-2

Федосеєнко В.Ю.

(прізвище, ініціали)

Спеціальність 123 Комп'ютерна інженерія

(код і повна назва спеціальності)

Тип програми освітньо-професійна

(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Освітня програма Комп'ютерна інженерія

(повна назва освітньої програми)

Керівник проф. Кривуля Г.Ф.

(посада, прізвище, ініціали)

Допускається до захисту

Зав. кафедри

(підпис)

Чумаченко С.В.

(прізвище, ініціали)

2022 р.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Комп'ютерної інженерії та управління  
Кафедра Автоматизації проектування обчислювальної техніки  
Рівень вищої освіти другий (магістерський)  
Спеціальність (напрямок) 123 Комп'ютерна інженерія  
Тип програми Освітня-професійна  
Освітня програма Комп'ютерна інженерія

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав.  
кафедри

(підпис)

“ ” 20 р.

**ЗАВДАННЯ**  
НА АТЕСТАЦІЙНУ РОБОТУ

студентові Федосєнко Валерію Юрійовичу  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Спеціалізовані комп'ютерні засоби для діагностування стану річкової води й їх модульна різноманітність

затверджена наказом по університету від “ 25 ” 05 2022 р. № 568 Ст

2. Термін подання студентом роботи до екзаменаційної комісії \_\_\_\_\_

3. Вхідні дані до роботи \_\_\_\_\_

- 1) Документація до систем контролю за якістю питної води
- 2) Теоретичні відомості про способи роботи з компонентами системи
- 3) Складові частини системи у вигляді апаратного та програмного забезпечення
- 4) Порівняння систем з різними можливостями контролю й аналізу рідини
- 5) Аналіз передачі даних

4. Перелік питань, що потрібно опрацювати в роботі \_\_\_\_\_

1. Аналіз побудови та функціонування систем контролю за якістю води
2. Аналіз використаних технологій
3. Аналіз структури системи
4. Аналіз алгоритмічних особливостей систем
5. Висновки

5. Перелік графічного матеріалу із зазначенням креслеників, схем, плакатів, комп'ютерних ілюстрацій (слайдів) 23 слайдів

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---


6. Консультанти розділів роботи (заповнюється за наявності консультантів згідно з наказом, зазначеним у п.1 )

Найменування розділу	Консультант (посада, прізвище, ім'я, по батькові)	Позначка консультанта про виконання розділу	
		підпис	дата

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз проблеми та огляд існуючих рішень	20.04-23.04	
2	Формування переліку вимог до системи	24.04-25.04	
3	Аналіз технологій контролю якості води та інструментальних засобів	26.04-27.04	
4	Аналіз алгоритмічного забезпечення	28.04-30.04	
5	Опис програмних засобів	31.04-03.05	
6	Відлагодження програмних модулів	04.05-06.05	
7	Оформлення матеріалів атестаційної роботи	07.05-16.05	
8	Фіналізація проекту	17.05-23.05	

Дата видачі завдання 27.03. 2022 р.

Студент   
(підпис)

Керівник роботи \_\_\_\_\_  
(підпис)

проф. Кривуля Г.Ф.  
(посада, прізвище, ініціали)

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка містить 49 сторінок, 16 рисунків, 2 додатки, 29 джерела за переліком посилань.

СИСТЕМА КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПИТНОЇ ВОДИ, АНАЛІЗ РІДИНИ, ВЗАЄМОДІЯ СЕНСОРІВ, МОДУЛЬНІСТЬ СИСТЕМИ, ПАРАМЕТРИ МЕРЕЖІ ZIGBEE, ПАРАМЕТРИ PH, МОНІТОРІНГ ЯКОСТІ ВОДИ У РЕАЛЬНОМУ ЧАСІ, БЕЗДРОТОВА СЕНСОРНА СИСТЕМА.

Мета цієї роботи полягає у розробці різноманітних систем водного моніторингу, з різними наборами сенсорів, апаратури й технологій. Таким чином можливо буде запропонувати безліч комбінацій систем моніторингу в залежності від нюансів певного навколишнього середовища. Через цю роботу буде здійснено теоретичний тестінг запропонованих рішень та підтвердження їх працездатності.

## ABSTRACT

Bachelor's thesis 49 pages, 16 figures, 2 appendices, 29 sources.

DRINKING WATER QUALITY CONTROL SYSTEM, LIQUID ANALYSIS, SENSOR INTERACTION, SYSTEM MODULARITY, ZIGBEE NETWORK PARAMETERS, PH PARAMETERS, REAL TIME WATER QUALITY MONITORING, WIRELESS SENSOR NETWORK.

The purpose of this work is to develop a variety of water monitoring systems, with different sets of sensors, equipment and technologies. Thus, it will be possible to offer many combinations of monitoring systems depending on the nuances of a particular environment. Through this work, theoretical testing of the proposed solutions and confirmation of their efficiency will be carried out.

## ЗМІСТ

1	АНАЛІЗ ПОБУДОВИ ТА ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ВОДИ НА ПРИКЛАДІ УКРАЇНИ.....	10
1.1	Основні задачі, які повинні розв’язуватися при створенні комп’ютерної системи екологічного моніторингу.....	10
1.2	Стан водного середовища України.....	12
1.3	Обґрунтування структури комп’ютерної системи й вод України.....	13
1.3.1	Інформаційно-вимірювальна підсистема.....	14
1.3.2	Параметри поверхневих вод.....	14
1.3.3	У рамках світу.....	17
1.4	Водний моніторинг, його особливості.....	20
1.4.1	Основні настанови до аналізу інформації з мережі WQM.....	21
1.4.2	Еволюція моніторингу (минуле).....	22
1.4.3	Еволюція моніторингу (недалеке минуле – теперішнє).....	22
1.4.4	Еволюція моніторингу (теперішнє й майбутнє).....	23
1.5	Приклади різноманітних бездротових систем моніторингу й їх компоненти.....	25
1.5.1	Компоненти й структури систем прикладів.....	29
2.	ОПИС ЗАПРОПОНОВАНОГО ПІДХОДУ.....	37
2.1	Опис архітектури запропонованого підходу.....	38
3	ЗАГАЛЬНА КОНСТРУКЦІЯ ЗАПРОПОНОВАНОЇ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ВОДИ.....	40
4	ФУНКЦІОНАЛЬНІСТЬ СИСТЕМИ.....	46
5	ЗАКЛЮЧЕННЯ, ЩОДО ЗАПРОПОНОВАНОЇ СИСТЕМИ.....	46
	ВИСНОВКИ.....	48
	ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	49
	ДОДАТОК А.....	54

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

Байт-код – машинно-незалежний код низького рівня, що генерується транслятором і виконуваний інтерпретатором.

WSN(wireless sensor network) – бездротова сенсорна мережа.

Bluetooth – технологія блютуз.

WDN(water distribution network) – мережа розподілення води.

GPRS(General Packet Radio Service) – пакетний радіозв'язок спільного використання.

ZigBee – бездротовий стандарт для набору високорівневих протоколів зв'язку, що використовують невеликі, малопотужні цифрові приймачі. ZigBee призначений для мобільних пристроїв, де необхідна тривала робота від батарей і безпека передачі даних у мережі.

Інтерфейс – сукупність засобів, методів і правил взаємодії (управління, контролю і т. д.) між елементами системи. Кадр – один з багатьох фотографічних зображень у кінофільмі.

PH(potential for hydrogen) – позначає кількість водню.

Відрегулювач(ресетник) – частина спільної системи, що відповідає за скидання параметрів в системі до початкових значень.

JTAG(*Joint Test Action Group*) – назва робочої групи з розробки стандарту IEEE 1149.

Хост-комп'ютер – вживання слова «хост» має сенс тільки з поясненням, хостом якого сервісу є цей пристрій.

Стек – різновид лінійного списку, структура даних, яка працює за принципом «останнім прийшов — першим пішов».

PAN – радіомодуль системи.

Z-Stack – компонентом набору програмного забезпечення SimpleLink CC13x2 / CC26x2, що дозволяє розробляти продукти на основі специфікації Zigbee.

## ВСТУП

У теперішньому часі проводяться широкі дослідження, глобалізація, індустріалізація та нові технологічні відкриття, але існують також потенційні екологічні загрози, що слідують за ними, такі як забруднення навколишнього середовища, глобальне потепління, що призводить до шкоди природі та її мешканцям. Вода є основним природним ресурсом життя для кожного живого організму на Землі, що робить її одним із головних скарбів нашої планети.

Вода, життєво важливий фактор усіх живих істот, що забруднюється найбільше під час активності людей неподалік. Майже немає безпечної питної води для людини у такому стані. У країнах, що розвиваються, через відсутність належної обробки води і технологій брудну і забруднену воду використовують для пиття. Відсутність систем вимірювання якості води призводить до поганого стану здоров'я. Від якості води залежить стан здоров'я людини, рослин та інших живих організмів на землі. При дослідженні якості таких параметрів води, як рівень рН, необхідно зробити ефективні кроки щодо помутніння для безпечного водопостачання. Ця система вимірює якість води за різними параметрами за допомогою бездротового зв'язку, що забезпечує контроль якості, ведення записів та аналіз.

Подібні системи моніторингу вважаються більш ніж перспективними й наукові розробки в цьому напрямку, дозволять захистити, настільки важливий, для нашої цивілізації, ресурс, як запас питної води.

# 1 АНАЛІЗ ПОБУДОВИ ТА ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ВОДИ НА ПРИКЛАДІ УКРАЇНИ

Типова водорозподільна мережа складається з джерел, труб та гідравлічних елементів, з'єднаних разом для подачі запропонованої кількості води при бажаному тиску і якості в різних точках попиту. Але як вже було зазначено така система в багатьох випадках не передбачає навіть найпримітивніші методи захисту питної води. Місія по захисту зазвичай впадає на плечі водних інстанцій й тих технологій, якими вони володіють. Засоби захисту, перевірки й підтримування чистоти водного ресурсу мають велику кількість різноманітних підходів. Від дешевих, але досить ненадійних, до громізтких, чия ціна й загальне споживання ресурсів району можуть стати неподоланим потолком для бідних або географічно складних частин світу. Через це, як і в більшості сфер діяння люди намагаються знайти рішення, по алгоритму: (ціна = якість), як і завжди це набір компромісів й порою непростих рішень, у спробі знайти оптимальну відповідь у тій чи іншій галузі й водний контроль не є виключенням.

## 1.1 Основні задачі при створенні комп'ютерної системи моніторингу.

Однією з ключових задач при створенні систем екологічного моніторингу водного середовища є проблема забезпечення оперативності роботи системи моніторингу. Важливість цієї проблеми очевидна, оскільки дуже пізні надходження інформації про стан водного середовища не дасть змоги організувати захист. Основним способом розв'язання цієї задачі є створення систем екологічного моніторингу водного середовища на основі комп'ютерних технологій опрацювання даних у реальному часі і застосування найдосконаліших систем передавання даних. Іншою проблемою, що постає при розробленні системи моніторингу, є

комплексність моніторингу. Суть її зводиться до того, що більшість мереж моніторингу, зокрема і орієнтованих на вивчення водного середовища, контролює не один, а декілька компонентів навколишнього середовища. У такому разі доводиться вирішувати питання про взаємозв'язок структури і регламенту роботи різних складових її вимірювальних мереж, а також опрацювання інформації, що поставляється ними. Основою вирішення проблем комплексності повинно бути уявлення про взаємозв'язок компонентів навколишнього середовища і процесів, що у них відбуваються. Тому розташування і регламент роботи різних інформаційно-вимірювальних мереж повинні бути скоординованими. З розглянутою проблемою тісно пов'язана проблема репрезентативності. Суть проблеми полягає в оптимізації вибору розташування ланок інформаційно-вимірювальної мережі і тимчасових інтервалів між вимірюваннями, інакше кажучи, йдеться про раціональний вибір просторового і тимчасового кроку. У просторовому аспекті вирішення проблем комплексності і репрезентативності може бути запропоноване у вигляді ландшафтного принципу розміщення ланок інформаційно-вимірювальної мережі. Зрозуміло, що такий підхід не означає повної ідентичності розміщення ланок різних інформаційно-вимірювальних мереж. Питання про вибір часового кроку для отримання вхідних параметрів вирішується на підставі наявних даних про часову мінливість параметрів, що вивчаються, а також обмежень швидкості змін і частоти. Однією з найцікавіших наукових проблем є проблема адаптивності. Одним з основоположних принципів організації системи моніторингу доцільно зробити принцип адаптивної структури. Його суть полягає у тому, що система моніторингу змінює свою організацію (розташування ланок інформаційно-вимірювальної мережі, регламент їхньої роботи і процедури опрацювання інформації) на підставі аналізу одержаних системою даних.

## 1.2 Стан водного середовища України.

Водні об'єкти України зазнають інтенсивного антропогенного впливу: за останні роки концентрації забруднення води вирости у 5–40 разів, а ґрунтів – у 1,5–5 разів. Знання екологічного стану Чорного та Азовського морів, рік та озер України необхідне для розроблення національних та міжнародних програм їхнього екологічного відновлення, для економічної кооперації. Основні джерела прісної води на території України – стоки річок Дніпра, Дністра, Південного Бугу, Сіверського Дінця, Дунаю з притоками, а також малих річок північного узбережжя Чорного та Азовського морів. Стан водного середовища в Україні є вкрай незадовільним. Порушення норм якості води досягло рівнів, які ведуть до деградації водних екосистем, зниження продуктивності водойм. Значна частина населення України використовує для своїх життєвих потреб недоброякісну воду, що загрожує здоров'ю нації. Існує коло найактуальніших проблем, які потребують вирішення, а саме: надмірне антропогенне навантаження на водні об'єкти внаслідок екстенсивного способу ведення водного господарства призвело до кризового зменшення самовідтворювальних можливостей річок та виснаження водно-ресурсного потенціалу; стала тенденція до значного забруднення водних об'єктів внаслідок неупорядкованого відведення стічних вод від населених пунктів, господарських об'єктів і сільськогосподарських угідь; широкомасштабне радіаційне забруднення басейнів багатьох річок внаслідок катастрофи на Чорнобильській АЕС; погіршення якості питної води внаслідок незадовільного екологічного стану джерел питного водопостачання; недосконалість економічного механізму водокористування і реалізації водоохоронних заходів; недостатня ефективність системи управління охороною та використанням водних ресурсів внаслідок недосконалості нормативно-правової бази та організаційної структури управління; відсутність комп'ютерної постійнодіючої системи моніторингу екологічного стану водних басейнів акваторії Чорного та Азовського морів,

якості питної води і стічних вод у системах водопостачання і водовідведення населених пунктів і господарських об'єктів. На жаль, у наявних системах спостережень за станом довкілля України збирання і опрацювання інформації переважно не автоматизовані, основані на лабораторно-хімічних методах аналізу проб і використовуються не стільки для прийняття оперативних управлінських рішень, скільки для статистичного аналізу.

### 1.3 Узагальнення ситуації й опис рішень, що пропонує проект.

Ця робота розпочалася після розгляду критичної ситуації із забрудненими природними водними ресурсами. Вирішальним завданням є збереження наших водних ресурсів, щоб вони завжди відповідали стандартам, визначеним для побутового використання. Під час свого розвитку країни прогресують шляхом індустріалізації, наші(планетарні) водні ресурси схильні до загрози забруднення, особливо від промислової діяльності. Це є проблемою в аспекті правозастосування, оскільки органи влади не можуть постійно контролювати розташування водних ресурсів через обмеженість, особливо в кадрах, об'єктах та вартості обладнання. Це часто призводить до того, що надто пізно врегулювати ситуацію. Для цього важливо мати таку систему моніторингу з характеристиками автономної, меншої вартості, надійності та гнучкості. Використання автоматизації в задачі моніторингу зменшить залежність від робочої сили на місці моніторингу, що знизить витрати.

Цей проект зосереджується на використанні декількох датчиків як пристрою для перевірки рівня якості води як альтернативного методу моніторингу стану водних ресурсів. Для моніторингу загального рівня якості використовуватимуться кілька датчиків, які можуть безперервно зчитувати деякі параметри, які вказують на рівень якості води, такі як хімічні речовини, провідність, розчинений кисень, рН, каламутність тощо.

Оскільки моніторинг передбачається здійснювати у віддаленому районі

з обмеженим доступом, сигнал або дані від сенсорного блоку будуть передаватися бездротовим шляхом на базову станцію моніторингу. У цьому проекті широко використовується популярна і широко використовувана технологія на основі бездротової сенсорної мережі, оскільки вона здатна забезпечити гнучкість, низьку вартість реалізації та надійність. У цій роботі застосована технологія бездротової сенсорної мережі на основі Bluetooth з високою потужністю передачі з відносно низьким споживанням енергії. Bluetooth — це стандарт зв'язку для використання в бездротовій сенсорній мережі, визначений Bluetooth, що приймає стандарт IEEE 802.15.4 для надійного зв'язку. Його вибрано завдяки своїм характеристикам, які відповідають вимогам щодо низької вартості, простоти у використанні, мінімального споживання енергії та надійної передачі даних між сенсорними вузлами. Іншим основним компонентом проекту є розробка використаного графічного інтерфейсу (GUI) для цілей моніторингу на базовій станції моніторингу. Графічний інтерфейс повинен мати можливість відображати параметри, які постійно контролюються в режимі реального часу. Також представлено кілька вимірювань та аналізу ефективності для оцінки надійності, доцільності та ефективності запропонованої системи моніторингу. Ця робота розпочалася після розгляду критичної ситуації із забрудненими природними водними ресурсами. Вирішальним завданням є збереження наших водних ресурсів, щоб вони завжди відповідали стандартам, визначеним для побутового використання. Оскільки країна прогресує шляхом індустріалізації, наші водні ресурси схильні до загрози забруднення, особливо внаслідок промислової діяльності. Це є проблемою в аспекті правозастосування, оскільки органи влади не можуть постійно контролювати розташування водних ресурсів через обмеженість, особливо в кадрах, об'єктах та вартості обладнання. Це часто призводить до того, що надто пізно врегулювати ситуацію. Для цього важливо мати таку систему моніторингу з характеристиками автономної, нижчої вартості, надійності і гнучкості.

### 1.3.1 Охорона водних ресурсів, якості води і водних екосистем.

Прісні джерела є єдиним ресурсом. Тривалий розвиток прісноводних ресурсів світу потребує цілісного підходу до використання цих ресурсів та визнання взаємозалежності між елементами, що складають прісноводні запаси та визначають його якість. У світі мало регіонів, які не постраждали від втрати потенційних джерел водопостачання, деградації якості води і забруднення поверхневих і підземних джерел. Основні проблеми, що впливають на якість води річок і озер, виникають, в залежності від обставин, з різним ступенем тяжкості в результаті неадекватного очищення побутових стічних вод, слабого контролю промислових стічних вод, втрат і руйнування водозбірних районів, нераціонального розташування промислових підприємств, вирубки лісів, безконтрольна система обрізання та нестійка сільськогосподарська практика. Це призводить до вилуговування поживних речовин і пестицидів. Природний баланс водних екосистем порушений і живі прісноводні ресурси перебувають під загрозою. У різних обставинах водні екосистеми також потерпають від проектів з розвитку води для сільського господарства, таких як дамби, схеми річкового стоку, водні установки та іригаційні проекти. Ерозія, замулення, вирубка лісів і опустелювання призвели до збільшення деградації земель, а встановлення водоймищ має, в деяких випадках, постраждали екосистеми. Багато з цих проблем виникають через екологічно деструктивні моделі розвитку і відсутність суспільного розуміння і відповідних знань з охорони поверхневих і ґрунтових ресурсів. Ступінь впливу на навколишнє середовище і здоров'я може бути виміряна, хоча в багатьох країнах методи такого контролю дуже неадекватні або взагалі не розроблені.

Широко поширене нерозуміння взаємозв'язку між розвитком, управлінням, управлінням і обробкою водних ресурсів і водних екосистем. За можливості необхідно проводити профілактичні заходи, щоб уникнути подальшої дорогої реабілітації, лікування та освоєння нових водних ресурсів.

### 1.3.2 Пропозиції й зауваження.

1) Інтегрований і взаємопов'язаний характер прісноводних систем вимагає цілісного підходу до управління прісною водою (за участю водного господарства) на основі балансу між потребами людини і навколишнього середовища. Ще до Плану дій Мар-дель-плата було зроблено посилання на внутрішній зв'язок між водними проектами та їх серйозними фізичними, хімічними, біологічними та соціально-економічними наслідками. У сфері охорони здоров'я навколишнього середовища загальною метою було «оцінити вплив використання різних вод на навколишнє середовище, підтримати заходи по боротьбі з водними хворобами і захисту екосистем».

2) Ступінь і ступінь забруднення зон аерації і водоносних горизонтів завжди недооцінювалася через відносну недоступність водоносних горизонтів і відсутність інформації про водоносні системи. У зв'язку з цим охорона ґрунтових вод є суттєвим елементом управління водними ресурсами.

18.38 з метою інтеграції управління якістю води в управління водними ресурсами необхідно одночасно виконати такі три завдання:

а) підтримання цілісності екосистеми шляхом управління за принципом захисту водних екосистем, в тому числі живих ресурсів, і ефективного захисту їх від усіх видів деградації в межах вододілу;

б) громадське здоров'я, яке включає не тільки забезпечення питної води, вільної від патогенів, але і векторний контроль у водному середовищі;

с) розвиток людських ресурсів є передумовою створення потенціалу та створення управління якістю води.

### 1.3.3 У рамках світу

Всі держави, залежно від їх можливостей і наявних ресурсів, а також через двостороннє або багатостороннє співробітництво, в тому числі з ООН і, як це можливо, іншими відповідними організаціями, могли ставити такі цілі:

а) визначити ті ресурси поверхневих вод і підземних вод, які можуть бути розроблені для сталого використання та інших основних водних ресурсів, які можуть бути розроблені і, в той же час, ініціювати програми збереження, збереження і сталого використання цих ресурсів;

б) визначити всі потенційні джерела водопостачання та підготувати проекти з їх охорони, збереження та управління;

в) впроваджувати ефективні та похвальні програми боротьби з забрудненням вод, співмірні з рівнем соціально-економічного розвитку; Відповідно поєднання стратегій зменшення забруднення навколишнього середовища з оцінками впливу на навколишнє середовище та прийнятних стандартів викидів з джерел з високим рівнем ризику та неточкових джерел;

г) беруть участь, по мірі можливості, в міжнародних програмах моніторингу та управління якістю води, таких як Глобальна програма моніторингу якості води (GEMS-WATER) Програма ЮНЕП з екологічного менеджменту водних ресурсів (EMINWA), Регіональна програма внутрішніх вод ФАО з рибного господарства та Конвенція про водно-мірні угіддя, Перш за все, як водоплавні середовища міжнародного значення (РАМСАРСЬКА конвенція);

д) до 2000 року знизити рівень захворюваності на воду, починаючи з ліквідації дракункуліоза (хробака гвінеї) та онхоцеркозу (сліпоти річки);

е) встановити, відповідно до своїх можливостей і потреб, біологічні, гігієнічні, фізико-хімічні критерії якості води для всіх видів водних об'єктів (поверхневих і підземних вод) з метою постійного поліпшення якості води;

ж) впроваджують комплексний підхід до екологічного управління водними ресурсами, включаючи захист водних екосистем і живих

прісноводних ресурсів;

л) розробити стратегії екологічного управління прісноводними і пов'язаними прибережними екосистемами, включаючи вирішення питань, пов'язаних з рибальством, аквакультурою, управлінням рангеландом, сільськогосподарською діяльністю і біологічним різноманіттям.

Всі держави, залежно від їх можливостей і наявних ресурсів, а також через двостороннє і багатостороннє співробітництво, в тому числі з ООН і, як це можливо, іншими відповідними організаціями, могли здійснювати наступні заходи:

а) охорона та збереження водних ресурсів:

б) попередження забруднення води та заходів контролю за забрудненням:

в) Розробка та застосування екологічно безпечних технологій:

г) захист підземних вод:

д) захист водних екосистем:

е) захист живих прісноводних ресурсів:

ж) моніторинг та спостереження за водними ресурсами і водами, до яких відводитимуться відходи:

л) Розробка національних та міжнародно-правових інструментів, які можуть знадобитися для збереження якості води, в першу чергу для таких цілей:

## Засоби реалізації

### а) Фінансування та оцінка витрат

У секретаріаті конференції підраховали, що середні загальні річні витрати (1993-2000) на реалізацію діяльності за цією програмою становитимуть близько 1 млрд євро на рік. Консультативний комітет рекомендує Генеральній Асамблеї у своєму звіті про свою п'ятдесят сьому сесію прийняти наступні рекомендації. США, в тому числі близько 2.5 млн дол. 340, в рамках грантів або пільгових умов, наданих міжнародним співтовариством. Ці оцінки витрат є орієнтовними і приблизними лише і ще не були переглянуті урядами. Фактичні витрати і можливості фінансування, включаючи будь-які неконцесійні умови, будуть залежати, зокрема, від конкретної політики і програм, які будуть вирішуватися урядами.

### б) Науково-технологічні засоби

Держави повинні здійснювати спільні дослідницькі проекти для розробки рішень технічних проблем, специфічних для кожного району водозбору або країни. Держави повинні розглядати зміцнення і розвиток національних і дослідницьких центрів, мережевих і підтримуваних регіональними вододослідницькими інститутами.

### в) Розвиток людських ресурсів

Підготовка менеджерів і спеціалістів вимагає використання нових методів для задоволення мінливих вимог і задоволення виникаючих викликів. Необхідно розробити гнучкість та адаптивність до проблем забруднення води, що виникають. Періодична навчальна діяльність повинна проводитися на всіх рівнях в тих організаціях, які відповідають за управління якістю води, а кращі практики повинні бути застосовані в підготовці конкретних аспектів моніторингу та контролю якості води, включаючи розвиток спеціальних навичок, навчання на роботі, семінари з вирішення проблем і курси підвищення кваліфікації.

#### г) Створення потенціалу

Ефективний захист водних ресурсів і екосистем від забруднення вимагає значного збільшення поточної потужності великої кількості країн. Програми управління якістю води вимагають мінімального рівня інфраструктури та персоналу для виявлення та реалізації технічних рішень та регуляторних дій. Однією з ключових проблем нашого часу і майбутнього є продовження експлуатації і підтримка цих інструментів. У ряді областей необхідні термінові дії, щоб запобігти подальшому пошкодженню ресурсів від попередніх інвестицій.

#### 1.4 Водний моніторинг, його особливості.

Система моніторингу - це словосполучення, що каже про спостереження, у реальному часті, за певним об'єктом, або територією. Зокрема, ми розробляємо загальну основу для моніторингу якості води на основі WSN, і описуємо різні методи мережі та зв'язку, схеми управління енергією, а також технології обробки даних, представлені в літературі для забезпечення довготривалих систем моніторингу якості води на основі WSN.

### 1.5.1 Основні настанови до аналізу інформації з мережі WQM.

Ручне зняття даних через датчики на місці, що використовуються для моніторингу якості води, повинні бути відкалібровані в лабораторії перед установкою на станції/майданчику моніторингу. В ідеалі ці датчики також мають легко калібрувати в польових умовах. Дані з цих датчиків повинні оброблятися відповідно до набору стандартних рекомендацій для забезпечення прийнятної якості, як зазначено в таблиці 1. Отже, в ідеалі датчики повинні забезпечувати стандартний і зручний для користувача формат звітності даних, щоб полегшити перевірку та публікацію даних у форматі, легко доступному для публічного використання або аналізу.

Процедури аналізу даних	Пояснення
Початкова оцінка даних	Початкова оцінка даних проводиться для перевірки правильності передачі необроблених польових даних (показань приладу) до бази даних, а також для оцінки та виявлення помилкових даних. Доступні різні формати для зберігання необроблених польових даних залежно від записуючого обладнання та засобів завантаження даних із записуючого обладнання.
Застосування корекції даних	Застосування корекції даних дозволяє скоригувати записані дані з урахуванням дрейфу калібрування приладу та помилок забруднення датчика, які виникли між наступними відвідуваннями сервісного обслуговування. Це пов'язано з впливом навколишнього середовища або приладів, а також іншими факторами, такими як мінливість поперечного перерізу або розраховані параметри.
Застосування та оцінка поправок перерізів.	Якщо точка вимірювання не є репрезентативною для потоку, точку вимірювання слід перемістити до більш репрезентативної точки вимірювання в поперечному перерізі.
Фінальна оцінка даних	Остаточна оцінка даних складається з перегляду запису даних, перевірки виправлень даних та внесення необхідних остаточних виправлень. Після завершення перевірки дані перевіряються для публікації та оцінюються за якістю.
Запис обчислення	Процес обчислення записів перевіряє дані та загальну якість звіту. Точні польові примітки та журнали калібрування необхідні для обробки запису.
Остаточна рецензія запису	Огляд безперервного запису про якість води включає аналіз таблиць вимірюваних параметрів поля.

Таблиця 1.1 - Рекомендації щодо обробки даних у системі WQM

### 1.5.2 Еволюція моніторингу (минуле)

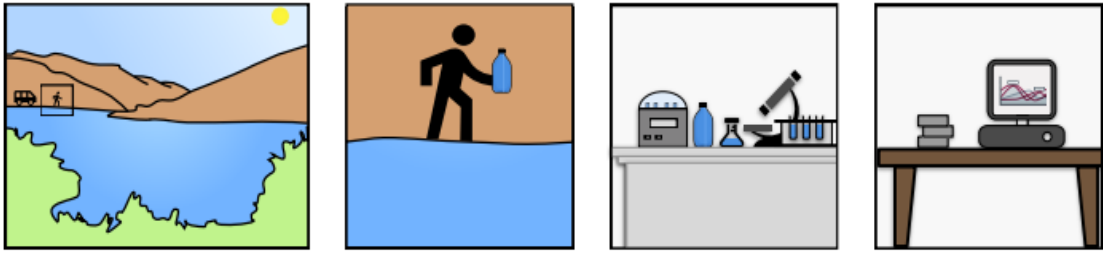


Рисунок 1.1 – Традиційний підхід WQM на основі ручної лабораторної роботи (РЛР).

Щоб отримати та використати вимірну та змістовну інформацію про загальні характеристики якості води, як показано на рисунку 1.1, розробка традиційних ручних лабораторних систем моніторингу якості води (TMLB) часто поділяється на шість етапів: проектування мережі , збір проб, лабораторний аналіз, обробка даних, аналіз даних та використання інформації.

Проект мережі складається з трьох основних заходів: визначення місць відбору проб, вибір параметрів якості води (або змінних) для моніторингу та лабораторних датчиків для вимірювання цих параметрів, а також частоти відбору проб води, щоб гарантувати гарантію певної точності виявлення.

### 1.4.3 Еволюція моніторингу (недалеке минуле - теперішнє)



Рисунок 1.2 – Традиційний підхід на основі збору даних вручну й їх аналіз на місці WQM.

Було проведено багато досліджень, спрямованих на визначення різних параметрів, які слід виміряти для визначення якості води, а також датчиків, які можуть вимірювати ці параметри.

Технологічний прогрес допоміг упразднити процес збору та аналізу даних з різних джерел, природних тощо. Як демонструє рисунок 1.2, збір й аналіз даних більше не потребує трудомісткого процесу, хоча все ще потребує людину на місці проведення аналізу.

#### 1.4.4 Еволюція моніторингу (теперішнє й майбутнє)

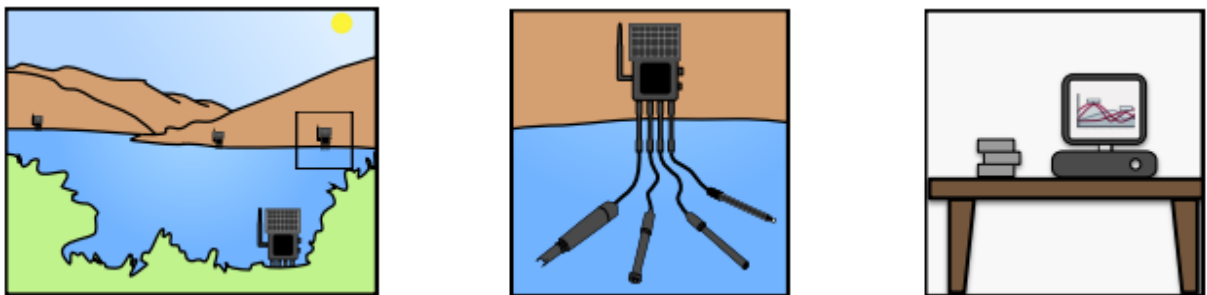


Рисунок 1.3 Бездротова сенсорна мережа WQM.

WSN(Wireless Sensor Network/Бездротова сенсорна мережа) -розширюють можливості систем моніторингу на місці. Хоча традиційні системи in-situ дозволяють аналізувати на місці, вони вимагають, щоб зібрані дані транспортувалися вручну до віддалених офісів або центрів управління для подальшого аналізу та дій. WSN дозволяють автоматично передавати ці дані, а також забезпечують механізм зворотного зв'язку в деяких випадках, щоб уточнити деталізацію збору даних. Як правило, вузол бездротового датчика складається з блоку датчиків, інтерфейсної схеми, процесора, системи приймача та блоку живлення.

## 1.5 Приклади різноманітних бездротових систем моніторингу й їх КОМПОНЕНТИ

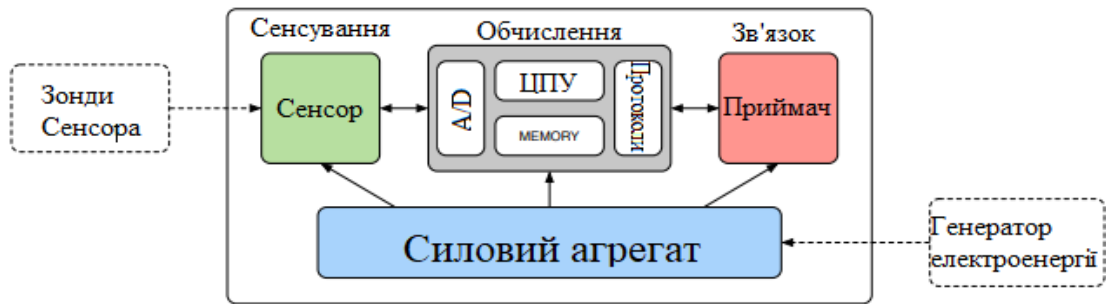


Рисунок 1.4 Приклад апаратної архітектури вузла бездротового датчика.

Стандартні датчики для вимірювання різних параметрів якості води є комерційно доступними від великої кількості виробників.

<b>Один параметр</b>		
Сенсорна Модель	Параметр водного моніторингу	Приклади
ATI	Вільний Хлор	[Hall et al. 2007]
Hach model A-15 CI-17	Усього хлору	[Hall et al. 2007]
Hach 1720 D, WQ730, WQ720	Мутність	[Hall et al. 2007; Xylem Inc. 2015b]
GLI Model PHD, WQ201, WQ101	pH	[Hall et al. 2007; Xylem Inc. 2015b]
GLI Model 3422, WQ-Cond	Специфічна провідність	[Hall et al. 2007; Xylem Inc. 2015b]
Hach Astro TOC Ultraviolet / Process analyzer	Кількість органічного карбону	[Hall et al. 2007]
WQ401	Розчинений кисень	[Xylem Inc. 2015b]
WQ600	Окислювально-відновний потенціал	[Xylem Inc. 2015b]
<b>Декілька параметрів</b>		
Сенсорна Модель	Параметр водного моніторингу	Приклади
Dascore six-sense sonde	Конкретна провідність, розчинений кисень, окислювально-відновний потенціал, температура, вільний хлор.	[Hall et al. 2007]
YSI 6600 Sonde, 6820 V2, 600XL, WQMS	Конкретна провідність, розчинений кисень, окислювально-відновний потенціал, pH, температура, вільний хлор, аміак-азот, хлорид, нітрат-кисень, каламутність.	[Hall et al. 2007; Xylem Inc. 2015b]
Hydrolab Data Sonde 4a	Питома провідність, розчинений кисень, окислювально-відновний потенціал, pH, температура, вільний хлор, аміак-азот, хлорид, нітрат-кисень, каламутність.	[Hall et al. 2007]
Smart Water (Libelium)	Провідність, розчинений кисень, окислювально-відновний потенціал, pH, температура, каламутність, нітрати, розчинені іони.	[Libelium 2014]

Таблиця 1.2- Поширені комерційно доступні датчики якості води та їх можливості для вимірювання параметрів якості води.

Існує ряд комерційно доступних бездротових сенсорних вузлів для вимірювання параметрів якості води. Ці бездротові сенсорні вузли розроблені для роботи в різноманітних ситуаціях, починаючи від короткочасного або точкового відбору проб параметрів якості води до довготривалого неконтрольованого моніторингу та аналізу. Крім того, існують інші датчики, призначені для плавання на воді, наприклад буї з регуляторами потоку та міні-лабораторії для збору проб води для аналізу.

Різні типи комерційних датчиків представлені в таблиці 1.2. Датчики поділяються на одиничні та множинні параметри залежно від кількості параметрів якості води, які датчик здатний виявити. У кількох дослідженнях також запропоновано використання спеціалізованих апаратних пристроїв для підтримки бездротових сенсорних вузлів для вимірювання параметрів якості води.

У локальному мережевому зв'язку часто використовуються такі методи бездротового зв'язку, як ZigBee, WiFi і WiFi-Direct. Залежно від просторового розташування датчиків і локальної станції моніторингу, може бути прямий зв'язок від вузлів датчика до місцевої станції моніторингу або багатострибковий зв'язок, передаючи дані від датчика через одного з його сусідів до локальної станції моніторингу. бути працевлаштованим. Коли використовується багатострибковий зв'язок, може бути використаний підхід, заснований на кластері, коли сенсорні вузли утворюють локальні кластери з головою кластера (CH) і передають свої дані до своєї головки кластера, а потім голова кластера передає дані окремо або агреговано. на місцеву станцію моніторингу.

У віддаленому мережевому зв'язку застосовуються методи далекого зв'язку, такі як стільниковий зв'язок (LTE, 3G, GSM, GPRS) і WiMax використовуються для передачі даних з локальної станції моніторингу до віддаленого центру моніторингу або хмари.

Питання, яке викликає ключове занепокоєння при розробці системи WQM на основі WSN, полягає в тому, як жити пристрої та техніку, яка

використовується для управління споживанням електроенергії з часом. Зокрема, мета полягає в тому, щоб реалізувати систему, яка могла б працювати безперервно без необхідності постійної заміни батарей. Існують два основних підходи до проектування для підтримки безперервної роботи системи WQM на основі WSN: 1) збільшити енергію, доступну для бездротових сенсорних вузлів, за допомогою відновлюваних джерел енергії, збираючи енергію від сонячної, вітрової, радіочастотної та гідроенергії (робота). вода) енергію та 2) зменшити енергоспоживання бездротового сенсорного вузла за допомогою таких методів, як циклічний режим роботи, контроль живлення, використання енергоефективних протоколів маршрутизації, радіозв'язок пробудження та зв'язок із низьким рівнем конкуренції.

Збір енергії є ключовою технологією, що дозволяє впровадити довговічні системи на основі WSN. Було запропоновано багато підходів для збору навколишньої енергії та поєднання цієї зібраної енергії з локальною енергією, що зберігається як у стаціонарних, так і в акумуляторних батареях, а також у суперконденсаторах. Крім того, кілька дослідників запропонували використовувати гібридні системи, які збирають поновлювані джерела енергії, такі як сонячна енергія та енергія радіочастот, на додаток до традиційних технологій акумулятора для живлення датчиків у WSN-системах WQM. Підтримка енергетичних потреб сенсорних вузлів у системах WQM є особливо складною через суворе середовище, в якій розгорнуті датчики.

Дані, зібрані бездротовими сенсорними вузлами, можуть оброблятися в кількох місцях: локально на бездротовому сенсорному вузлі, на локальній станції моніторингу і, нарешті, на віддаленій станції моніторингу.

Алгоритми обробки залежать від типів зібраних параметрів. Крім того, важливо забезпечити збереження та отримання даних для подальшої обробки або аналізу для підтримки цілей системи WQM.

У WQM концепція визначення параметрів якості води в режимі реального часу набула популярності у всьому світі. З точки зору управління

даними, ця практика дозволяє безперервно відстежувати параметри якості води (фізичні, хімічні та біологічні) протягом розумного часу, відкриваючи, таким чином, нові можливості для розробки стратегій обробки даних та перевірки необроблених даних для перетворення їх у корисну інформацію. Однак поточні дослідження обробки даних для систем WQM на основі WSN зазвичай не зосереджуються на конкретних алгоритмах, а натомість зосереджуються на відповідях на такі запитання:

- (1) Чому збирається параметр якості води?
- (2) Який тип даних сприймається і передається?
- (3) Як часто дані сприймаються і передаються, і коли ці дані потребують використання?
- (4) Як ми обробляємо та захищаємо дані?
- (5) Які методи та алгоритми розпізнавання даних підходять для оптимального збору даних продуктивність?
- (6) Де зберігаються дані?

Ідея використання WSN для WQM виникла на початку 2000 року, і з того часу зростає кількість реалізацій WQM на основі WSN. Більшість із запропонованих систем представляють більше лабораторне техніко-економічне обґрунтування, а не повністю функціональне розгортання в навколишньому середовищі.

Тим не менш, поточна робота з цієї теми надає повний огляд різних будівельних блоків та обмежень автоматичної системи WQM.

Зокрема, хоча різні архітектури та реалізації системи, описані в цьому документі, підкреслюють потенційні вигоди, яких можна досягти з використанням WSN для моніторингу якості води, на них все ще впливають проблеми, які обмежують широке поширення та впровадження WSN для

моніторингу навколишнього середовища. Зокрема, необхідно розглянути проблеми, які виникають при управлінні живленням і збиранні енергії, обчисленні даних і передачі даних. Безпека, конфіденційність і конфіденційність даних вимагають особливої уваги, оскільки системи WQM покладаються на неконтрольовані пристрої, розгорнуті в навколишньому середовищі, і повинні надавати онлайн-доступ до отриманих даних. Крім того, проблеми, характерні для процесу WQM, виникають через особливо складне водне середовище. Сюди входять біологічне обростання, дрейф датчиків і підводне поширення сигналу.

## 1.5.1 – Компоненти й структури систем прикладів.

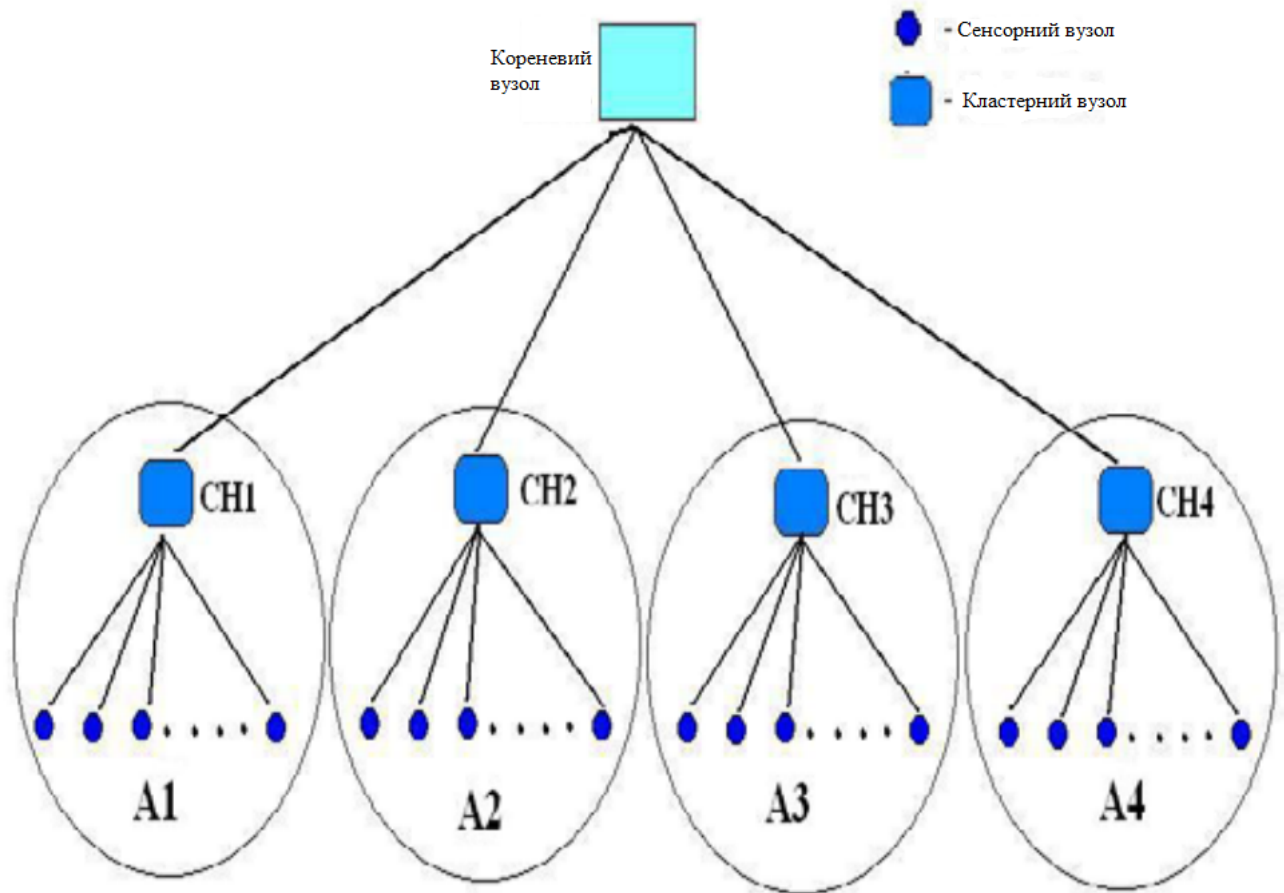


Рис 1.5 Ієрархія вузлів

Розроблено архітектуру мережі, яка використовується як приклад на основі ієрархічної топології. Сценарій моніторингу поділено на чотири загальні області, а саме: територія біля водоканалізації (A1), поблизу фабрики/промисловості (A2), поблизу сільськогосподарських угідь (A3) та поблизу житлових районів (A4), як показано на рис. 1.5 Таким чином, кожна зона моніторингу утворює кластер, що складається з кількох бездротових сенсорних вузлів, відповідальних за зондування, збір і обробку даних і зв'язок. Кожен сенсорний вузол може містити датчики для моніторингу основних параметрів якості води, таких як рН, провідність, температура, розчинений кисень і каламутність.

### Стратегія розгортання:

У кожній зоні моніторингу буде присутній кластер вузлів із головками кластерів, розташованими у водонасосному будинку, у промисловості, на сільськогосподарських угіддях та в будинку в житловому районі відповідно для кластерів А1, А2, А3 та А4. Кожен кластер складається з приблизно 15-20 вузлів, розташованих вздовж берега річки. У кожному кластері буде близько 3-6 точок моніторингу, які будуть на відстані приблизно 10 метрів один від одного. Кількість точок моніторингу може змінюватися залежно від території, що розглядається. Наприклад, територія біля б'ювету потребує більше точок моніторингу порівняно з сільськогосподарськими угіддями, оскільки вода з б'ювету береться для постачання сільських та міських районів для побутового споживання. Властивості води також можуть змінюватися залежно від глибини річки, оскільки умови води, що переважають у нижніх шарах поблизу русла річки, будуть відрізнятися від умов води у верхніх шарах.

Крім того, різні типи датчиків можуть використовуватися в кожній області на основі параметрів, що контролюються. Наприклад, на території поблизу сільськогосподарських угідь, крім основних датчиків якості води, також можна використовувати датчики для виявлення фосфатів і нітратів, оскільки вода на цій ділянці може забруднюватись через стікання добрив. Подібним чином хімічні датчики можуть також використовуватися в промисловій зоні для моніторингу хімічних стоків з промисловості. Оскільки вузли розгорнуті у відкритому середовищі, їх також можна живити за допомогою сонячних елементів, щоб модуль живлення також міг використовувати відновлювані джерела енергії від сонячної енергії. У разі будь-якої несправності сонячних елементів можна передбачити, що вузол перемикається на живлення від батареї, яка буде надаватися як резервна копія сонячних елементів.

Бездротова сенсорна мережа складається з бездротових сенсорних вузлів, які є центральними елементами в мережі, що складається з сенсорного модуля, модуля обробки, модуля зв'язку та модуля живлення. Пропонована архітектура бездротового сенсорного вузла показана нижче на рис. 1.6.

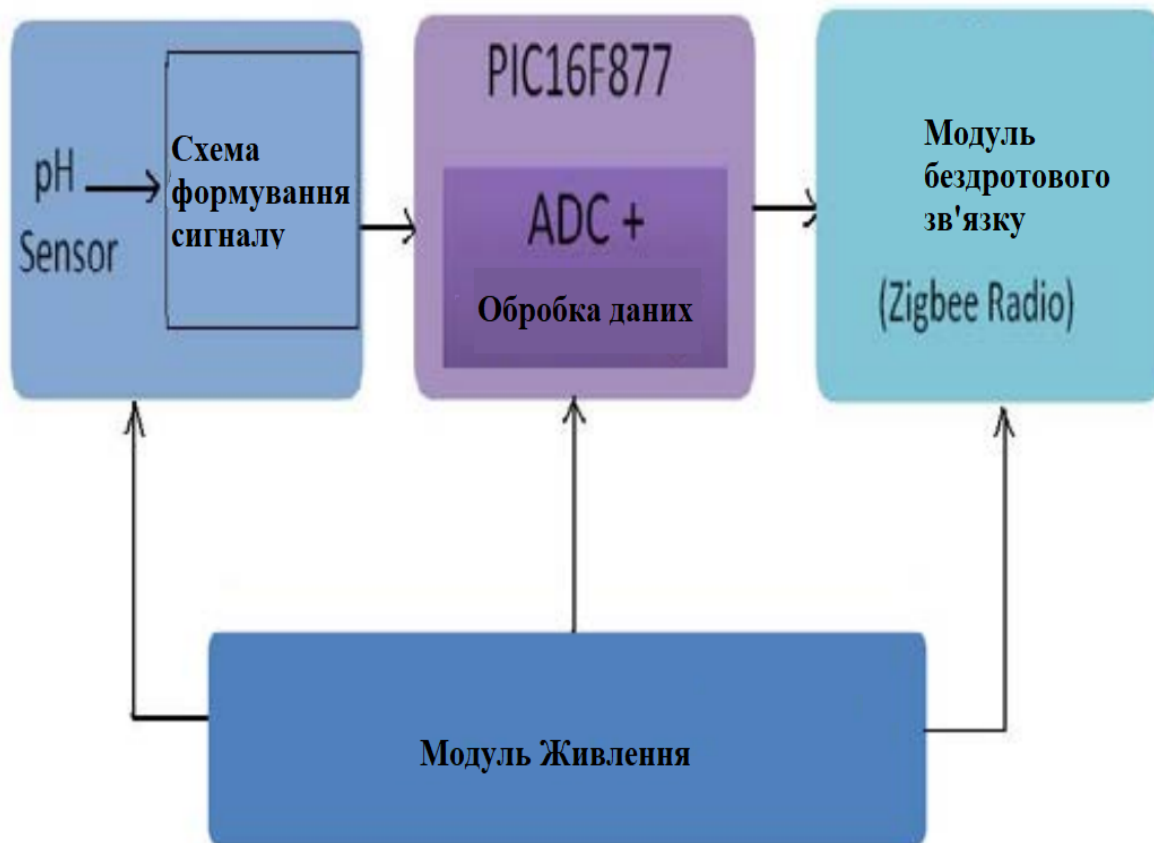


Рис.1.6 - Бездротовий сенсорний вузол рН моніторингу.

### Сенсорний модуль

Загалом, сенсорний модуль об'єднує один або кілька фізичних датчиків, які можна використовувати для визначення певного параметра або фізичної величини. Фізичний датчик складається з пристрою під назвою перетворювач, який перетворює одну форму енергії в іншу, як правило, в електричну енергію (скажімо, напругу або струм). Таким чином, відповідний сенсорний пристрій для визначення рН води буде міститись у цьому сенсорному модулі. Сигнал від датчика, тобто вихід датчика, буде у формі або струму, або сигналу напруги, і зазвичай він буде мати дуже малу

величину. Отже, цим сигналом потрібно маніпулювати, щоб перетворити його в форму, яку можна вимірювати, щоб він відповідав вимогам наступного етапу. Таким чином, вихід датчика подається на блок формування сигналу, який показано на рис 1.7. Таким чином, наш сенсорний модуль складається з датчика рН та схеми формування сигналу.

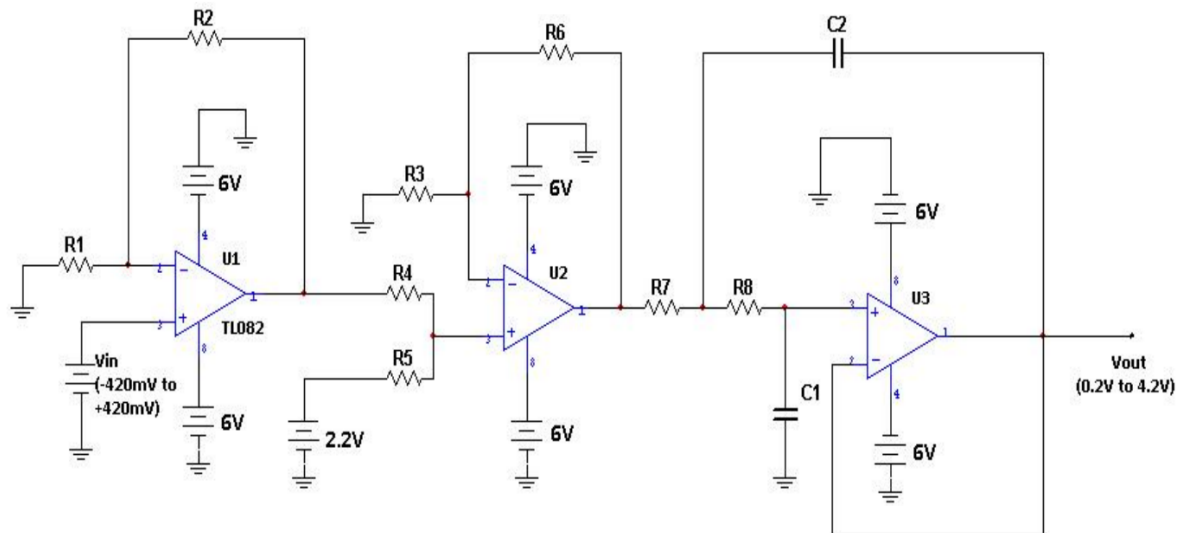


Рис 1.7 - Схема формування сигналу.

### Модуль обробки

Основною функцією цього модуля є обробка або виконання інструкцій, що стосуються зондування, передачі даних тощо. З метою обробки в нашій системі використовується мікроконтролер PIC PIC16F877, оскільки він має низьку вартість, компактні розміри та низьке енергоспоживання. Крім того, він забезпечує більшу гнучкість програмування в порівнянні з іншими. Зазвичай вихідний сигнал із датчиків буде аналоговим сигналом, який має безперервну величину як функцію часу. Таким чином, цей аналоговий сигнал необхідно оцифрувати з метою обробки, і тому потрібен аналого-цифровий перетворювач. Деякі датчики мають вбудований АЦП; інакше ми повинні включити модуль АЦП в схему схеми.

## Комунікаційний модуль

Бездротова передача даних від сенсорного вузла до головки кластера реалізована за допомогою технології Zigbee, оскільки вона є низькою вартістю, меншим енергоспоживанням і тривалим терміном служби акумулятора. Дані, отримані в Mote MicaZ від блоку мікроконтролера, передаються бездротовим шляхом до Mote на базовій станції за допомогою технології зв'язку Zigbee. Отримане таким чином значення рН потім обробляється приймачем для визначення стану води, тобто кислої чи основної, і результат виводиться на гіпертермінал для візуалізації на ПК.

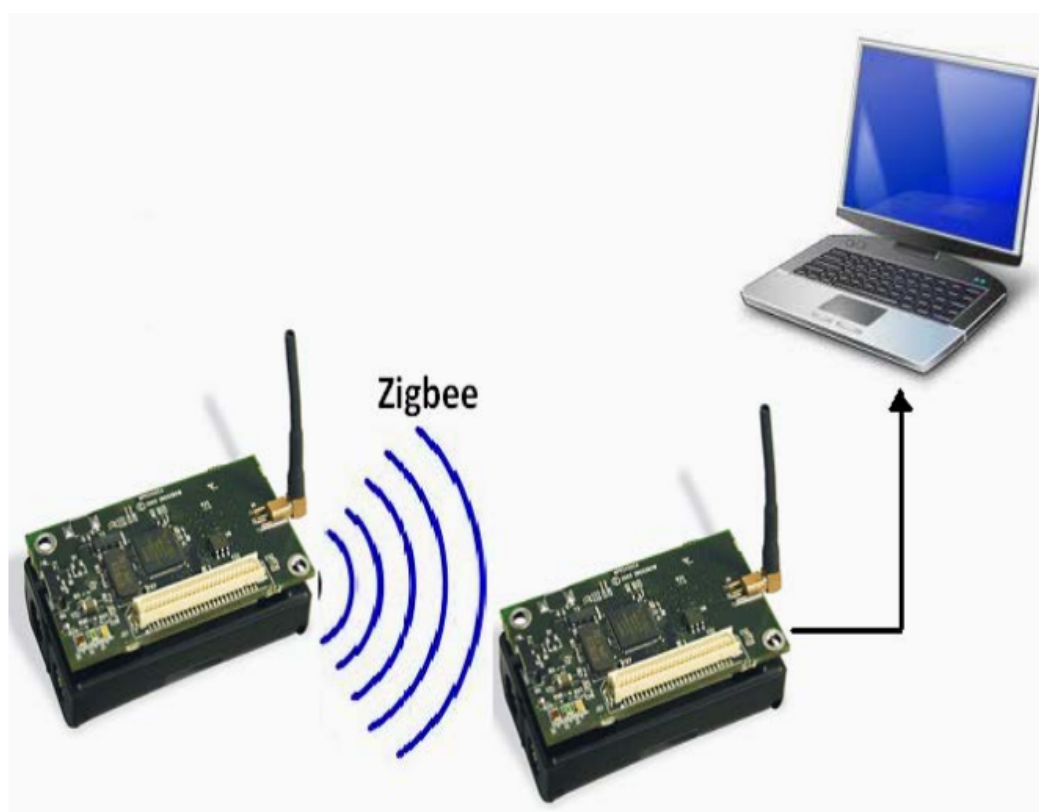


Рисунок 1.8 – Бездротова передача даних завдяки пристроям MicaZ й технології Zigbee

## Моделювання схеми

Моделювання схеми для вузла моніторингу рН було виконано за допомогою Proteus 6.9 Simulator. Ось, DC генерується напруга, що відповідає значенню рН і подається як вхід до схеми формування сигналу. Діапазон вхідної напруги для схеми від -420 мВ до +420 мВ. Після посилення, зміни рівня та фільтрації, отримана вихідна напруга подається на PIC процесор. Мікроконтролер був запрограмований за допомогою компілятора PIC C. Вихідні дані PIC потім відображаються за допомогою віртуального терміналу/ПКД, як показано на рис 1.9.

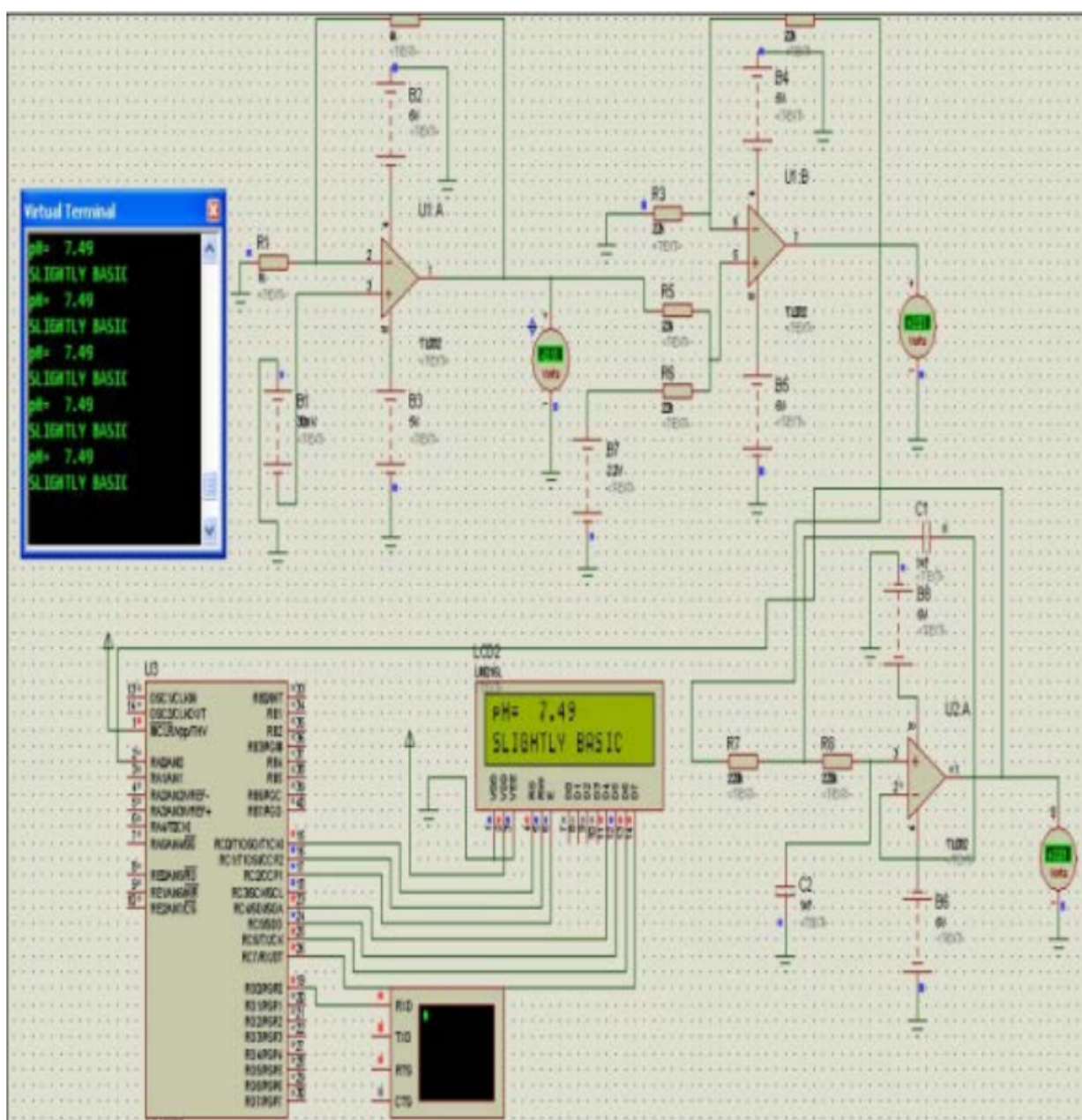


Рисунок 1.9 - Моделювання схеми в Proteus Simulator



Рисунок 1.10 – Контролер K800 TESH

Багатопараметричний контролер Seko для вимірювання параметрів води серії Kontrol 800 Tech Kontrol 800 Tech – це багатопараметричний контролер, призначений для сучасних застосувань обробки води, що одночасно вимірює до 7 параметрів. Це професійний інструмент, який пропонує повний спектр вимірювання. Kontrol 800 Tech має двоканальний аналоговий вхід 4-20 mA та розширений діапазон вимірювань: перекис водню, бром, озон, надуцтову кислоту. Завдяки спеціальній функції, будь-який тип необхідного зонда може бути підключений до приладу.

Стандартний послідовний порт RS485 – це перший крок спілкування з локальною мережею. Kontrol 800 Tech може підключатися до Інтернету завдяки комунікаційному пристрої, що ще більше розширює діапазон переваг контролера та дає можливість технічному спеціалісту дистанційно

налаштовувати та керувати пристроєм. Була додана функція компенсації програмного забезпечення високоточного вимірювання хлору, де враховується будь-яка зміна рН, яка може вплинути на показання вмісту хлору, гарантуючи узгоджений і точне вимірювання.

Можливість самостійно встановлювати виходи: реле 4-20 мА, рН, ОВП, СІ тощо. Це надає кінцевому користувачеві гнучкість у призначенні контрольних виходів до конкретного бажаного хімічного виміру, тоді як попередніх версіях пропонувалися лише фіксовані виходи.

Налаштування параметрів здійснюється за допомогою клавіатури та графічного дисплея з роздільною здатністю 240 x 128 пікселів.

Інтуїтивно зрозуміле навігаційне меню дозволяє просто встановити різні опції, за винятком ризику того, що деякі кроки будуть опущені. Інтелектуальне внутрішнє меню також дозволяє перевіряти статистику про термін служби та час роботи пристрою.

Контролер має оцинковане електрообладнання для забезпечення надійної роботи, а також сертифікацію CE Class 1. Корпус має рівень захисту IP65, кілька варіантів монтажу.

Kontrol 800 Tech ідеально підходить для використання в наступних областях: питна вода, іригаційні системи, очищення води, що охолоджує, басейни.

### 1.6 Майбутні перспективи

Цей проект має потенціал і може використовуватися в багатьох областях через його дешевого і економічно ефективного дизайну. Для подальшого легкого доступу, дані також можуть бути відображені на додатках Android. Ітерація цього проекту призначена для моніторингу даних і контролю рівня хлору. В майбутньому ми також можемо визначити рівень вмісту порошку хлориду калію у воді. В майбутньому система може бути побудована на архітектурі клієнт-сервер, де відповідає за водний ресурс особа може отримати доступ до датчика або системним даними з будь-якого місця, використовуючи свої персональні пристрої Android.

## 2 ОПИС ЗАПРОПОНОВАНОГО ПІДХОДУ

### Існуюча система

- Існуюча система показує, що проблема результатом датчик часто контролюється людиною на місці. Використання таких датчиків, як рН, детектор дощу, датчик каламутності та вимірюється вручну.
- Використовує дротові сенсорні мережі.

### Недолік

- Джерелом входу датчиків і системи моніторингу є високий.
- Людська помилка виникає як неправильна поведінка (або) неправильне повідомлення до вищих посадових осіб за працею.
- Загальна вартість висока

### Запропонована система

- Запропонована підтримка в режимі реального часу система на основі бездротової сенсорної мережі (WSN) та результат буде виявлено та передане на Bluetooth пристрій.
- WSN використовується для вимірювання рН, температури, каламутності і кількість води за допомогою датчиків у віддаленому районі за допомогою мікроконтролера.
- Система отримує живлення до сенсорних вузлів за допомогою сонячної енергії енергії. Він збирає дані з різних сенсорних вузлів і надсилається на базову станцію моніторингу бездротовою системою.
- Системні дані, кешовані програмою ANDROID.

### Переваги

- Технологія WSN надає нам підхід до даних у реальному часі отримання, передача та обробка
- Низьке споживання енергії, тривалий час роботи від акумулятора, скорочений час і робоча сила.

- Відсутність викидів вуглецю, більш гнучкі для розгортання на відстані.
- Забезпечує легке встановлення там, де може базова станція розміщувати в місцевому житлі поблизу цілі області та завдання моніторингу може бути виконано і особа з мінімальною підготовкою.

## 2.1 Опис архітектури запропонованого підходу

Вода є основним ресурсом життя для кожного живого організм на землі. Рівень кисню у воді відіграє важливу роль у дослідженні якості води. Якість води грає важливу роль у питаннях здоров'я людини, рослин і живих організмів на землі. Як правило, основними джерелами води є дощі, річки та озера. Дощова вода тече по землях містить як корисний, так і шкідливий вміст розчинний або нерозчинний. Кислотність води визначається вмістом солі та частинок у ґрунті. Традиційним показником якості води є прозорість води, тобто нерозчинні частинки, змішані у воді, погіршують корисність води для конкретного застосування. Основною метою є вимірювання рівня рН, температури, детектора дощу, тиску та рівня води, а також води, яка може бути використана для сільського господарства та промислових процесів. Віддалений доступ до параметрів вимірювання якості води за допомогою бездротового зв'язку полегшує контроль якості, ведення записів та аналіз за допомогою програмного забезпечення для моделювання на базовій станції.

Рівень кисню, рН і рівень каламутності є параметрами, які аналізуються та покращують якість води.

Нижче наведено цілі системи:

- Вимірювання рівня рН, температури, дощу детектор, тиск і рівень води за допомогою наявних датчики у віддаленому місці.
- Щоб скористатися місцевим джерелом живлення для сенсорних вузлів за допомогою сонячна енергія.
- Збирати дані з різних сенсорних вузлів і надсилати до базової станції по бездротовому каналу.
- Для контролю обміну даними між джерелом і вузли.

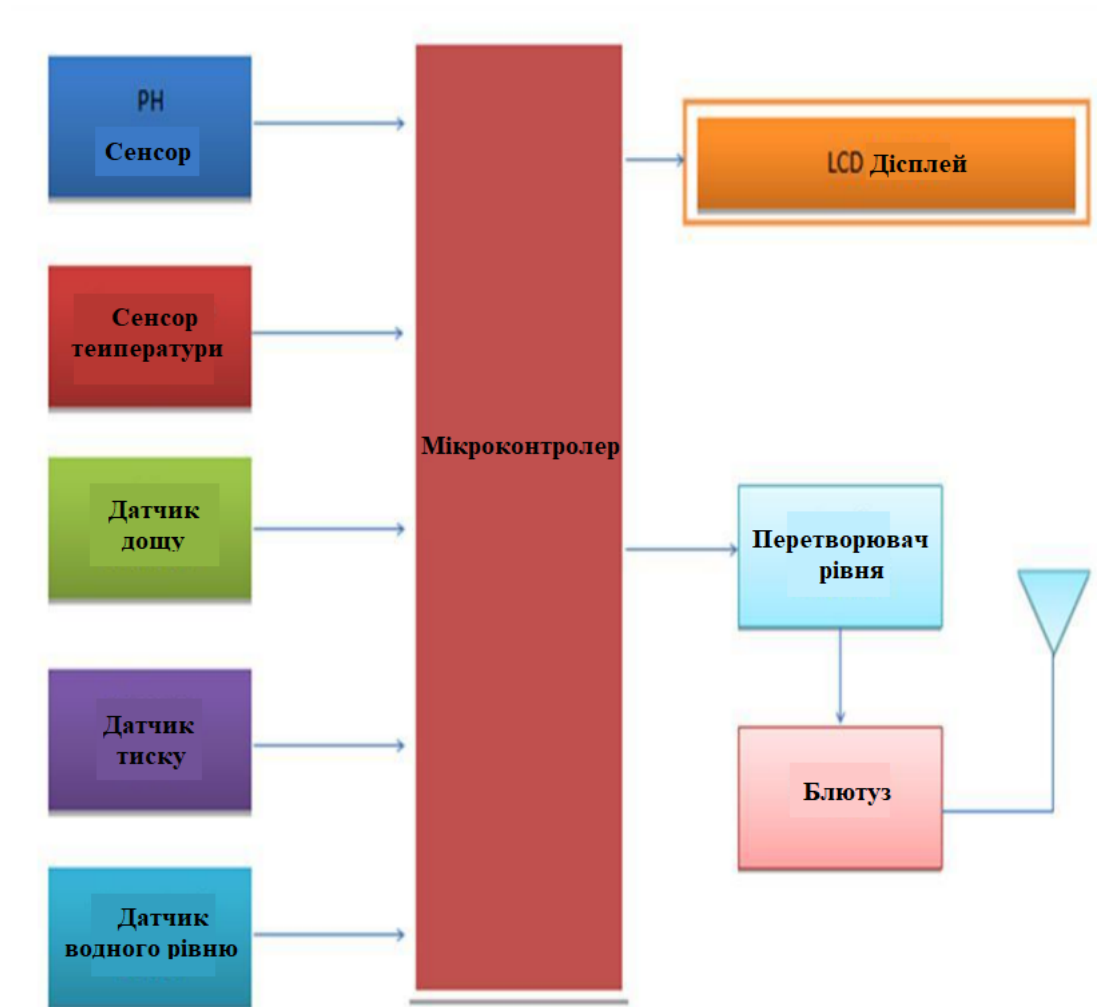


Рисунок 2.1 – Архітектура системи

## 3 ЗАГАЛЬНА КОНСТРУКЦІЯ ЗАПРОПОНОВАНОЇ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ВОДИ

Модулі системи включають

- А. Зондування**
- Б. Контролінг**
- В. Інтерфейс**
- Г. Спілкування**

### **Зондування**

“**Sensing**” — це вузол моніторингу даних. Датчик - це пристрій, який виявляє і реагує на певний тип введення з фізичного середовища.

### **А. Моніторинг даних:**

Вузли моніторингу даних, які складаються з датчиків (Ph, температура, детектор дощу, тиск, рівень води), схема формування сигналу, контролер і РЧ-модуль. Дані, отримані датчиком, будуть передані через сигнал схема кондиціонування для того, щоб маніпулювати аналоговим сигналом таким чином, щоб він відповідав вимогам наступного етапу для подальшої обробки. Потім дані будуть передані контролеру (ATmega328P). Вбудований АЦП перетворює аналоговий сигнал в цифровий для подальшої обробки. За допомогою радіочастотного модуля дані будуть надсилатися на базову станцію даних.

Для моніторингу живих змін параметрів у воді (річка, ставок тощо) Ми використовуємо наступні п'ять датчиків:

1. Датчик PH
2. Датчик температури
3. Детектор дощу
4. Датчик тиску
5. Датчик рівня води

Результат роботи вищевказаних датчиків перевіряється за допомогою мікроконтролер із заданими параметрами.

## 1. Датчик рН

Цей датчик призначений для вимірювання активності іонів водню в розчинах на водній основі. Цей датчик має два електроди, а саме:

1. рН електрод
2. Електрод порівняння

Мікроконтролер зчитує різницю потенціалів між ці два електроди за допомогою контролера. Контролер перевіряє значення із заздалегідь визначеними параметрами і зазначено, яке воно кисле чи лужне. Значення рН – це число від 1 до 14, середня (нейтральна) точка – 7. Значення нижче 7 вказують на кислотність, яка збільшується зі зменшенням числа, 1 є найбільш кислим. Значення вище 7 вказують на лужність, яка збільшується зі збільшенням числа, 14 є найбільш лужним.

## 2. Датчик температури

Для контролю використовується датчик температури рівень температури води. Система використовує термометр для вимірювання температури поверхневої води. Температуру води в найглибшій частині водойми можна виміряти за допомогою термометра, прикріпленого до зваженої мотузки. Опустіть пристрої до тих пір, поки вони не піднімуться знизу, і залиште їх там приблизно на 5 хвилин.

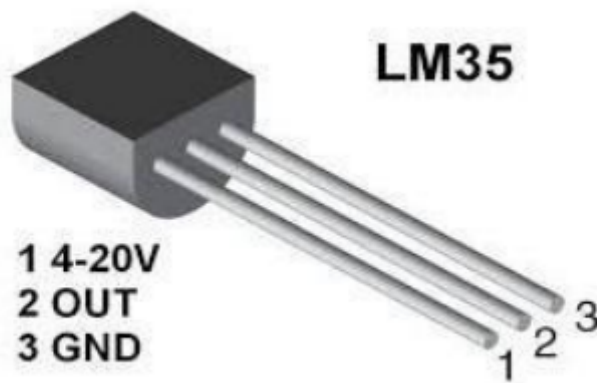


Рис.3.1 - Датчик температури

### 3. Детектор дощу

Він використовується для визначення стану дощу, результат якого контролюється за допомогою мікроконтролера. Якщо випаде дощ, він подає високий імпульс  $(+5v)$  на мікроконтролер. В іншому випадку подайте низький імпульс на контролер.



Рис 3.2 – Датчик дощу

### 4. Датчик тиску

Використовується для вимірювання тиску води. Датчик тиску працює шляхом перетворення тиску в аналоговий електричний сигнал. Датчики тиску мають чутливий елемент постійної площі і реагують на силу, прикладену до цієї області тиском рідини. Прикладена сила відхилить діафрагму всередині датчика тиску. Тиск води контролюється за допомогою мікроконтролера. З попередньо визначеними параметрами.



Рис 3.3 – Датчик тиску

## 5. Датчик рівня води

Датчик рівня води для визначення доступного рівня води. Датчик має 3 електроди з електродом порівняння. 3 електроди використовуються для вимірювання рівня води у відсотках за допомогою нашого програмування контролера.

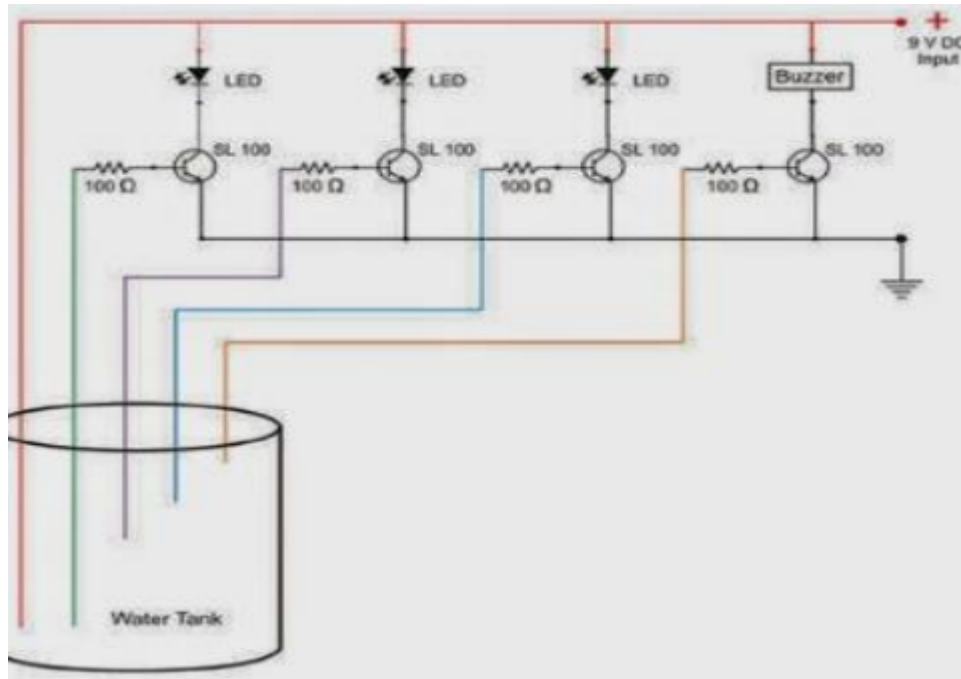


Рис. 3.4 – Датчик рівня води

## Б. Контролінг

Проект розроблено за допомогою Arduino Uno (станція бази даних) плата для управління пристроєм за допомогою Bluetooth, яка дистанційно керується завдяки ОС Android смартфона.

Станція бази даних:

Дані з усіх вузлів збираються на базі даних, що складається з мікропроцесора (Arduino Uno). Дані з кожного вузла збираються один за одним, тобто за допомогою часового мультиплексування. Отримані дані виводяться на РК-дисплей. Також ці дані пересилаються на віддалену станцію моніторингу через модуль Bluetooth.



Рис. 3.5 – Ардуіно УНО станція

Керує мікроконтроллер. Ми зробили вбудовану програму для моніторингу якості води, і цей результат пересилається на Bluetooth. Тут джерелом входу є датчики. Вихід-1 називають РК-дисплеєм. Вихід-2 називається Bluetooth (HC-05).

## В. Інтерфейс

Інтерфейс, який використовується для підключення різних периферійних пристроїв для виконання різних операцій для отримання бажаного результату.

Тут перетворювач рівнів є пристроєм взаємодії між контролером і модулем Bluetooth. Мікроконтролер - TTL (транзисторно-транзисторна логіка), Bluetooth – CMOS логіка (RS232). Таким чином, прямий зв'язок між ними, оскільки це спричиняє пошкодження контролера.

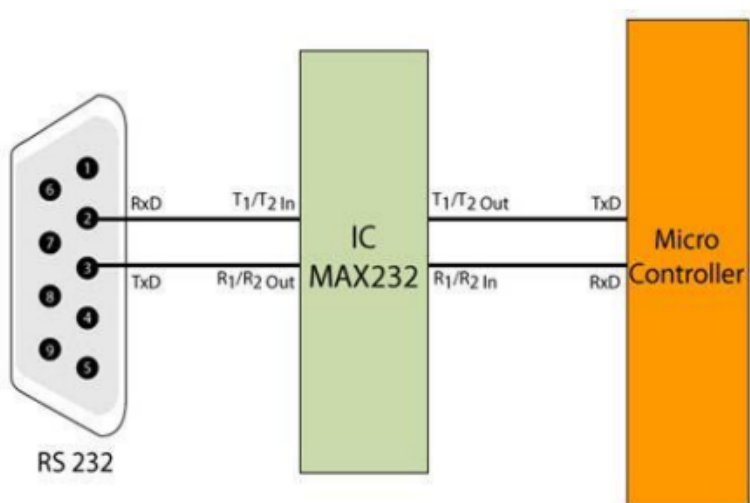


Рис 3.6 – Інтерфейсні відношення

## Г. Спілкування

Пункт дистанційного моніторингу:

Станція віддаленого моніторингу складається з модуля Bluetooth, який отримуватиме дані, надіслані станцією бази даних. Ці дані будуть подаватися на серверний ПК, що складається з графічного інтерфейсу користувача (GUI) через послідовний зв'язок. Отримані дані будуть представлені графічно за допомогою MATLAB і будуть збережені для подальшого використання. Також отримані дані порівнюють із стандартними значеннями параметрів води. Якщо отримані параметри води не відповідають заданим значенням, уповноваженій особі буде відправлено SMS для вжиття профілактичних заходів. Вузли моніторингу даних, які складаються з датчиків (pH, температури, детектор дощу, тиску, рівня води), схеми формування сигналу, контролера та радіочастотного модуля. Дані, отримані датчиком, будуть передані через схему формування сигналу, щоб маніпулювати аналоговим сигналом таким чином, щоб він відповідав вимогам наступного етапу для подальшої обробки. Потім маніпульовані дані будуть передані контролеру (ATmega328P). Вбудований АЦП перетворює аналоговий сигнал в цифровий для подальшої обробки. За допомогою радіочастотного модуля маніпульовані датчики надсилатимуться на базу даних.

Модуль Bluetooth SPP (Serial Port Protocol), призначений для прозорого налаштування послідовного бездротового з'єднання. Модуль Bluetooth HC-05 можна використовувати в конфігурації Master або Slave, що робить його чудовим рішенням для бездротового зв'язку. Цей модуль Bluetooth із послідовним портом має повну модуляцію Bluetooth V2.0+EDR (покращена швидкість передачі даних) 3 Мбіт/с з повним радіоприймачем 2,4 ГГц та основною смугою. Він використовує CSR Blue core 04-зовнішню одночипову систему Bluetooth з технологією CMOS та AFH (функцією адаптивної перескочування частоти).

Тут Bluetooth – це зв'язок між апаратним забезпеченням та мобільним телефоном Android. Результат роботи контролера буде перенаправлено на модуль Bluetooth. Бездротові дані, отримані Android mobile з підтримкою вбудованого модуля Bluetooth. Ми розробляємо додаток для Android, щоб переглянути результат.

#### 4 ФУНКЦІОНАЛЬНІСТЬ СИСТЕМИ

- Датчик може здобувати інформацію через мікроконтролер і вихід буде передаватися через бездротову сенсорну мережу через Bluetooth.
- На Android будуть отримані результати датчика через Bluetooth очікуваний результат має бути переглядається в програмі для Android.

#### 5 ЗАКЛЮЧЕННЯ, ЩОДО ЗАПРОПОНОВАНОЇ СИСТЕМИ

У цій частині роботи представлена розробка недорогої мережі сенсорних вузлів, яка може бути використана для автоматизованого моніторингу якості води на сирій воді на водоочисних спорудах.

Це може включати інші фактори, серед яких загасання вільного простору, затінення, відображення та передача, дифракція тощо. Розроблену систему управління якістю води можна встановити в кількох місцях водорозподільних мереж для збору даних про якість води та класифікації відповідей датчиків у практичному застосуванні. Це пояснюється тим, що вода — це величезна мережа взаємопов'язаних об'єктів, таких як річки, озера, болота, дамби та інші джерела, і якщо ці пов'язані частини містять різний рівень забруднення, оцінка якості води може бути складною справою. Більше того, в розроблену систему можна включити більшу кількість сенсорів, що будуть моніторити різні параметри якості води, що може зробити її придатною для моніторингу параметрів якості питної води. Крім мутності та рН води, інші параметри якості води включають: загальну кількість розчинених твердих речовин, потенціал зменшення кисню, температуру, електричну провідність, розчинений кисень, вільний

залишковий хлор, нітрати, і це лише деякі з них. Крім того, слід провести подальше дослідження продуктивності алгоритмів виявлення аномалій з урахуванням кількох типів забруднюючих речовин, присутніх у воді.

У цій статті представлено огляд сучасного стану розробки та впровадження систем WQM на основі WSN, описуючи структуру систем WQM на основі WSN та обговорюючи технології, що використовуються на кожному етапі процесу моніторингу. Крім того, є опис існуючих реалізацій, які використовують WSN для моніторингу якості води. Також обговорюються комунікаційні методи, схеми енергоменеджменту та підходи до обробки даних, що використовуються в цих системах. Хоча протягом багатьох років було досягнуто багато успіхів у моніторингу якості води, як підкреслено в цій статті, існує ряд відкритих питань, які потребують додаткового дослідження для подальшого використання систем WQM на основі WSN. Наскільки нам відомо, у цій сфері не обговорюються механізми безпеки. Безпека даних і всієї мережі в процесі WQM має першорядне значення. Проблеми зі зловмисниками або фізичним зломом інфраструктури, прослуховуванням і аналізом трафіку слід ретельно розглянути в майбутніх системах. Крім того, слід також досліджувати методи збору енергії, які можуть підтримувати сенсорну мережу, щоб зробити її працездатною протягом більш тривалого періоду часу. Нарешті, слід розробити алгоритми обробки та агрегації даних, щоб забезпечити належне управління даними, а біологічне обростання, дрейф датчиків і підводний зв'язок – це всі питання, які слід враховувати при розробці WSN для WQM. Вирішення цих проблем підвищить загальну продуктивність і корисність систем WQM на основі WSN.

## ВИСНОВКИ

Хоча протягом багатьох років було досягнуто багато успіхів у моніторингу якості води, як підкреслено в цій статті, існує ряд відкритих питань, які потребують додаткового дослідження для подальшого використання систем WQM на основі WSN. Наскільки нам відомо, у цій сфері не обговорюються механізми безпеки. Безпека даних і всієї мережі в процесі WQM має першорядне значення. Проблеми зі зловмисниками або фізичним зломом інфраструктури, прослуховуванням і аналізом трафіку слід ретельно розглянути в майбутніх системах. Крім того, слід також досліджувати методи збору енергії, які можуть підтримувати сенсорну мережу, щоб зробити її працездатною протягом більш тривалого періоду часу. Нарешті, слід розробити алгоритми обробки та агрегації даних, щоб забезпечити належне управління даними, а біологічне обростання, дрейф датчиків і підводний зв'язок – це всі питання, які слід враховувати при розробці WSN для WQM. Вирішення цих проблем підвищить загальну продуктивність і корисність систем WQM на основі WSN.

Система включає в себе моніторинг якості води акцентуючи увагу на аспектах низької вартості, простої спеціальної установки та простого використання та обслуговування. Він дає автоматичне сповіщення про зміну якості води. Він має додаткову функцію, щоб перевірити показання параметрів води та перевірити погоду, чи вода придатна для споживання, без наявності експертних знань. Запропонована система може бути легко встановлена в різних сферах, таких як водні ресурси суспільства, місцеві водяні греблі та інші галузі. Тому це дуже вигідна й ефективна система для місць, де неможливо негайно вжити заходів щодо проблем зі здоров'ям, спричинених якістю води.

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Intrusion Detection and Identification in Water Distribution Network – International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET) [Електронний ресурс] // – Режим доступу до ресурсу: [www.irjet.net](http://www.irjet.net).
2. Підключення датчику води до Ардуіно – Роботехніка Ардуіно [Електронний ресурс] // – Режим доступу до ресурсу: <https://xn--18-6kcdusowgbt1a4b.xn--p1ai/>.
3. Електронні прибори для вимірюння якості води – REEFcentral.ru [Електронний ресурс] // – Режим доступу до ресурсу: <https://reefcentral.ru/forum/topic/1659-elektronnye-pribory-dlia-izmereniia-kachestva-vo/>.
4. Проект 21: Датчик влажности и температуры DHT11 – ARDUINO-KIT [Електронний ресурс] // – Режим доступу до ресурсу: [https://arduino-kit.ru/blogs/blog/project\\_21](https://arduino-kit.ru/blogs/blog/project_21)
5. WAVGAT і DS18B20 - підключення датчика температури – Academic Fox [Електронний ресурс] // – Режим доступу до ресурсу: <https://academicfox.com/>
6. Akkaya K., Younis M. (2005). A survey on routing protocols for wireless sensor networks. Ad Hoc Networks, 3(3), 325-349. [Електронний ресурс] // – Режим доступу до ресурсу: <https://doi.org/10.1016/j.adhoc.2003.09.010>
7. Van Dam T., Langendoen K. (2003). An adaptive energy-efficient MAC protocol for wireless sensor networks. International Conference on Embedded Networked Sensor Systems, 67, 23-27. [Електронний ресурс] // – Режим доступу до ресурсу: <https://doi.org/10.1145/958491.958512>
8. Karlof C., Wagner D. (2003). Secure routing in wireless sensor networks: attacks and countermeasures. IEEE International Workshop on Sensor Network Protocols and Applications, Proceedings of the First IEEE, 1, 113-127.

[Электронный ресурс] // – Режим доступа до ресурсу:  
<https://doi.org/10.1109/SNPA.2003.1203362>

9. Du W., Deng J., Han Y.S., Varshney P.K. (2005). A pairwise key pre-distribution scheme for wireless sensor networks. *Acm Transactions on Information & System Security*, 8(2), 228-258. [Электронный ресурс] // – Режим доступа до ресурсу: <https://doi.org/10.1145/1065545.1065548>

10. Patwari N., Ash J.N., Kuperountas S., Hero A.O.I., Moses R.L., Correal N.S. (2005). Locating the nodes: cooperative localization in wireless sensor networks. *IEEE Signal Processing Magazine*, 22(4), 54-69. [Электронный ресурс] //Режим доступа до ресурсу: <https://doi.org/10.1109/MSP.2005.1458287>.

11. Doherty L., Pister K.S.J., Ghaoui L.E. (2001). Convex position estimation in wireless sensor networks. *INFOCOM 2001. Twentieth Joint Conference of the IEEE Computer and Communications Societies. Proceedings. IEEE*, 3, 1655-1663.

12. Bandyopadhyay S., Coyle E.J. (2003). An energy efficient hierarchical clustering algorithm for wireless sensor networks, 3(3), 1713-1723.

13. Du W., Deng J., Han Y.S., Varshney P.K. (2003). A pairwise key pre-distribution scheme for wireless sensor networks. *ACM Conference on Computer and Communications Security*, 8, 228-258. [Электронный ресурс] // – Режим доступа до ресурсу: <https://doi.org/10.1145/948109.948118>

14. Abbasi A.A., Younis M. (2007). A survey on clustering algorithms for wireless sensor networks. *Computer Communications*, 30(14–15), 2826-2841. <https://doi.org/10.1016/j.comcom.2007.05.024> [10] Ganesan D., Govindan R., Shenker S., Estrin D. (2001). Highly-resilient, energy-efficient multipath routing in wireless sensor networks. *Acm Sigmoblie Mobile Computing & Communications Review*, 5(4), 72-85. [Электронный ресурс] // – Режим доступа до ресурсу: <https://doi.org/10.1145/509506.509514>

15. Boyinbode O., Le H., Mbogho A., Takizawa M. (2010). A Survey on Clustering Algorithms for Wireless Sensor Networks. *International Conference on*

Network-Based Information Systems, 30, 358-364. [Електронний ресурс] // – Режим доступу до ресурсу: <https://doi.org/10.1109/nbis.2010.59>

16. Krishnamachari B., Estrin D., Wicker S. (2002). The impact of data aggregation in wireless sensor networks. International Conference on Distributed Computing Systems Workshops, 5, 575-578. [Електронний ресурс] // – Режим доступу до ресурсу: <https://doi.org/10.1109/ICDCSW.2002.1030829>

17. Вимірювальна техніка та метрологія, № 69, 2008 р aggregation in wireless sensor networks. [Електронний ресурс] // – Режим доступу до ресурсу: [http://vlp.com.ua/files/09\\_70.pdf](http://vlp.com.ua/files/09_70.pdf)

18. Arduino Tutorial #01 What's the Arduino, Its Models and Different Signals of Arduino. [Електронний ресурс] // – Режим доступу до ресурсу: <https://steemkr.com/utopian-io/@alexandre-maxim/arduino-tutorial-01-what-s-the-arduino-its-models-and-different-signals-of-arduino>

19. M.nu. The HC-SR04 ultrasonic sensor uses. [Електронний ресурс] // – Режим доступу до ресурсу: <https://www.m.nu/sensorer-matinstrument/hc-sr04-ultrasonic-sensor>

20. Explore. Super Sensors Gravity Analog Turbidity Sensor. [Електронний ресурс] // – Режим доступу до ресурсу: <https://mauritius.desertcart.com/products/42515108-super-sensors-gravity-analog-turbidity-sensor>

21. Sensorland.com Understanding pH measurement. [Електронний ресурс] // – Режим доступу до ресурсу: <https://www.sensorland.com/HowPage037.html>

22. Mercado libre. [Електронний ресурс] // – Режим доступу до ресурсу: [https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-537698454-sonda-de-electrodo-de-ph-bnc-conector-para-acuario-medidor-d-\\_JM?quantity=1](https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-537698454-sonda-de-electrodo-de-ph-bnc-conector-para-acuario-medidor-d-_JM?quantity=1)

23. Mercado libre. [Електронний ресурс] // – Режим доступу до ресурсу: [https://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-841845496-shield-sim900-gsm-gprs-para-arduino-robotica-impresion-3d-rc-\\_JM](https://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-841845496-shield-sim900-gsm-gprs-para-arduino-robotica-impresion-3d-rc-_JM)

24. Intrusion Detection and Identification in Water Distribution Network. [Електронний ресурс] // – Режим доступу до ресурсу: <https://www.irjet.net/archives/V4/i4/IRJET-V4I406.pdf>

25. Research Gate. [Електронний ресурс] // – Режим доступу до ресурсу: [https://www.researchgate.net/figure/Complete-Schematic-Diagram-of-a-Solar-Charge-Controller\\_fig3\\_309716325](https://www.researchgate.net/figure/Complete-Schematic-Diagram-of-a-Solar-Charge-Controller_fig3_309716325)

26. Автономна система моніторингу та контролю технічних об'єктів з використанням безпроводних сенсорних мереж ГФ Кривуля, ВА Власов. [Електронний ресурс] // Режим доступу до ресурсу: [http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis\\_nbuv/cgiirbis\\_64.exe?I21DBN=LINK&P21DBN=UJRN&Z21ID=&S21REF=10&S21CNR=20&S21STN=1&S21FMT=ASP\\_meta&C21COM=S&2\\_S21P03=FILE=&2\\_S21STR=Vkhdtusg\\_2017\\_187\\_25](http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?I21DBN=LINK&P21DBN=UJRN&Z21ID=&S21REF=10&S21CNR=20&S21STN=1&S21FMT=ASP_meta&C21COM=S&2_S21P03=FILE=&2_S21STR=Vkhdtusg_2017_187_25)

27. International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT) Real Time Water Quality Monitoring Using WSN. [Електронний ресурс] // Режим доступу до ресурсу: <https://www.ijert.org/real-time-water-quality-monitoring-using-wsn>

28. International Journal of Computer Applications Anomaly Detection for Raw Water Quality – A Comparative Analysis of the Local Outlier Factor Algorithm and the Random Forest Algorithms. [Електронний ресурс] // Режим доступу до ресурсу: <https://www.ijcaonline.org/archives/volume174/number26/31842-31842-2021921196>

29. Wireless Sensor Networks Framework for Water Resource Management that Supports QoS in the Kingdom of Saudi Arabia. In Proc. of Ambient Systems, Networks and Technologies (ANT). Elsevier, Halifax, Nova Scotia, Canada, 232–239. . [Електронний ресурс] // Режим доступу до ресурсу: <http://dx.doi.org/10.1016/j.procs.2013.06.034>