

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Факультет електроніки
Кафедра мікроелектроніки

До захисту допущено:
В.о. завідувача кафедри
_____ Дмитро ТАТАРЧУК
« ____ » _____ 20__ р.

Дипломна робота
на здобуття ступеня бакалавра
за освітньо-професійною програмою «Мікро- та наноелектроніка»
спеціальності 153 «Мікро- та наносистемна техніка»
на тему: «Мікросистема для екологічного моніторингу»

Виконав (-ла):

студент (-ка) IV курсу, групи ДП-92

Свердлюк Анастасія Ігорівна _____

Керівник: ст. вик. кав. МЕ, к.т.н., _____

Осінов Сергій Миколайович _____

Консультант з нормоконтролю: ст.викл.каф.МЕ, к.т.н., _____

Королевич Любомир Миколайович _____

Консультант з інформаційних питань: доц. каф.МЕ, к.т.н., _____

Діденко Юрій Вікторович _____

Рецензент: доц. каф.МЕ, к.т.н., _____

Попов Антон Олександрович _____

Засвідчую, що у цій дипломній роботі
немає запозичень з праць інших авторів
без відповідних посилань.

Студент (-ка) _____

Київ – 2023 року

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Факультет електроніки

Кафедра мікроелектроніки

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 153 «Мікро- та наносистемна техніка»

Освітньо-професійна програма «Мікро- та наноелектроніка»

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри

_____ Дмитро ТАТАРЧУК

«__» _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

на дипломну роботу студенту

Свердлюк Анастасія Ігорівна

1. Тема роботи «Мікросистема для екологічного моніторингу», керівник роботи
 Осінов Сергій Миколайович ст. вик. кав. МЕ, к.т.н.

затверджені наказом по університету від «__» _____ 20__ р. № _____

2. Термін подання студентом роботи - 09.06.2023

3. Вихідні дані до роботи: Raspberry Pi Zero W в якості мікроконтролера з 40 цифровими входами/виходами, рН – метр V2 від DFRobot Gravity, який дає повний діапазон показників рН від 1,0 до 14,00, датчик температури DS18B20 зі шкалою вимірювання -55 °C - + 125 °C, ультразвуковий датчик рівня води HC-SR04, який випромінює високочастотний імпульс в діапазоні від 20 кГц до 200 кГц, датчик витрати води YF-S201, який використовує ефект Холла для вимірювання об'єму та швидкості потоку речовини.

4. Зміст роботи: 1) Аналіз ситуації щодо моніторингу екологічного моніторингу води в цілому та в Україні; 2) методи та види моніторингових робіт; 3) види спостережень; 4) огляд проектів по моніторингу води; 5) розробка комплексу для онлайн моніторингу.

5. Перелік ілюстративного матеріалу (із зазначенням плакатів,

презентацій тощо): карта щільності спостережних пунктів, таблиця розподілу спостережної мережі, схема обладнання спостережної свердловини при самовиливі, комбінований оголовок і вимірювання напорі і дебіту самовиливної свердловини, порівняння Raspberry Pi та Arduino, схема роботи датчиків з Raspberry Pi 0W, блок схема комплексу для онлайн моніторингу.

6. Дата видачі завдання 10.03.2023 р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проєкту	Термін виконання етапів проєкту	Відмітка про виконання
1.	План роботи. Література питання. Написання вступної частини	16.04.2023	
2.	Написання теоретичної частини дипломного проєкту	04.05.2023	
3.	Завершення роботи над практичною частиною дипломного проєкту	23.05.2023	
4.	Здача дипломного проєкту (завершеного) на кафедрі. Попередній захист дипломного проєкту на засіданні кафедри	12.06.2023	

Студент _____

Анастасія СВЕРДЛЮК

Керівник _____

Сергій ОСІНОВ

Анотація

Тема роботи: «Мікросистема для екологічного моніторингу»

Текстова частина дипломної роботи: 60 сторінок, 17 рисунків, 9 таблиць, 21 джерел.

Ключові слова: — моніторинг води, сенсори, мікросистеми

Короткий зміст роботи: в першій частині роботи було проведено детальний аналіз моніторингу води, включаючи розгляд видів та рівнів моніторингу. Були розглянуті основні задачі, які вирішуються шляхом моніторингу води, такі як виявлення забруднень, оцінка якості води, контроль за водними ресурсами тощо.

У другій частині роботи були проаналізовані існуючі системи екологічного моніторингу та виконано розробку мікросистеми для екологічного моніторингу на основі Raspberry Pi. Описано датчики, що використовуються в мікросистемі, і представлено модель роботи системи.

Мікросистема розроблена з використанням Raspberry Pi, яке виступає в якості центральної платформи з обробки та аналізу даних. Датчики, такі як датчик температури, рН-метр, тощо, використовуються для збору фізико-хімічних параметрів води. Отримані дані передаються до Raspberry Pi, де вони оброблюються та зберігаються та передаються на сайт.

Abstracts

Theme of the work: "Microsystem for environmental monitoring"

Text part of the thesis: 60 pages, 17 figures, 9 tables, 21 sources.

Keywords: - water monitoring, sensors, microsystems

Summary: In the first part of the work, a detailed analysis of water monitoring was carried out, including consideration of the types and levels of monitoring. The main tasks that are solved by water monitoring, such as pollution detection, water quality assessment, water resources control, etc. were considered.

The second part of the paper analyses existing environmental monitoring systems and develops a microsystem for environmental monitoring based on Raspberry Pi. The sensors used in the microsystem are described and a model of the system is presented.

The microsystem is developed using a Raspberry Pi, which acts as a central platform for data processing and analysis. Sensors such as a temperature sensor, pH meter, etc. are used to collect the physicochemical parameters of the water. The acquired data is transferred to the Raspberry Pi, where it is processed and stored and transmitted to the website.

Зміст

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ	8
Вступ.....	9
Частина 1. Аналіз загальної ситуації щодо моніторингу екологічного стану води	10
1. Моніторинг води	10
1.1. Основні задачі моніторингу води	11
1.2. Джерела та види забруднення поверхневих вод	11
1.3. Поняття гідроекологічного моніторингу.	13
Висновок до розділу 1.....	14
2. Моніторинг води в Україні.....	16
2.1. Рівні моніторингу води в Україні	17
2.2. Методи виконання гідроекологічного моніторингу	22
2.3. Основні види моніторингових робіт.....	23
Висновок до розділу 2	25
3. Види спостережень	27
3.1. Вимірювання дебіту води.....	27
3.2. Вимірювання напору води	28
3.3. Вимірювання рівня води.....	30
3.3.1. Важливість моніторингу рівня води	31
Висновок до розділу 3	32
Частина 2. Розробка багатофункціонального вимірювального комплексу	34
4. Огляд проектів по моніторингу води.....	34
4.1. Розумне управління водою за допомогою ІОТ.	34
4.2. Модель на основі ІоТ для розумного розподілу води з моніторингом якості.....	35
4.3. Проектування системи водного господарства	37
Висновок до розділу 4	38
5. Вибір мікроконтролера.....	40
5.1. Arduino.....	40

5.2. Raspberry Pi	42
5.3. Порівняння Raspberry Pi та Arduino.....	43
Висновок до розділу 5	45
6. Розробка комплексу для онлайн моніторингу.....	46
6.1. Опис датчиків.....	47
6.1.1. Датчик якості води.....	47
6.1.2. Датчик температури	49
6.1.3. Датчик рівня води	50
6.1.4. Датчик витрати води.....	51
6.1.5. Мікроконтролер	52
6.2. Алгоритм роботи системи для моніторингу води.....	54
Висновок до розділу 6	56
ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ ТА ВИСНОВКИ.....	57
Перелік посилань	59

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

ВООЗ - Всесвітня організація охорони здоров'я

ІОТ – інтернет речей

FTP - стандартний мережевий протокол прикладного рівня, призначений для пересилання файлів між клієнтом та сервером в комп'ютерній мережі

GPIO - введення/виведення загального призначення

Arduino (Ардуіно) — апаратна обчислювальна платформа для аматорського конструювання, основними компонентами якої є плата мікроконтролера з елементами вводу/виводу та середовище розробки Processing/Wiring на мові програмування, що є спрощеною підмножиною C/C++.

Raspberry Pi (буквально: укр. малиновий пиріг) — одноплатний комп'ютер, розроблений британським фондом Raspberry Pi Foundation.

Arduino IDE - інтегроване середовище розроблення для Windows, MacOS і Linux, розроблене на Сі та С++, призначене для створення і завантаження програм на Arduino-сумісні плати, а також на плати інших виробників.

Вступ

Сучасний моніторинг води відіграє важливу роль в забезпеченні охорони водних ресурсів і здоров'я людей. Вода, як цінний природний ресурс, підлягає численним загрозам, таким як забруднення, зміни клімату та людської діяльності. Отже, систематичний моніторинг якості є необхідним для забезпечення її належного стану та визначення заходів для покращення.

Крім того, моніторинг є ключовим елементом оцінки екологічного стану водних екосистем. Він виявляє зміни в якості води, вплив людської діяльності та зміни клімату на екосистеми. Це важливо для збереження біологічного різноманіття, забезпечення стійкості екосистеми та планування ефективних заходів з охорони та відновлення водних ресурсів.

Найпоширенішим методом визначення параметрів якості води є відбір зразків вручну, а потім відправити їх до лабораторії для виявлення та аналізу. Цей метод витрачає занадто багато людських і матеріальних ресурсів, а також має недоліки, пов'язані зі збором зразків, тривалий час аналізу, старіння засобів вимірювання та інші проблеми.

Метою цієї роботи є проаналізувати ситуацію щодо моніторингу води, аналіз методів дослідження моніторингу якості води та його проблеми, а також розробка комплексу для онлайн моніторингу води у реальному часі.

Завдання які потрібно вирішити для досягнення мети:

1. Зібрати і проаналізувати існуючі дані про моніторинг води
2. Визначити методи моніторингу та їх проблеми
3. Проаналізувати існуючі проекти екологічного моніторингу
4. Розробка комплексу для онлайн моніторингу

Частина 1. Аналіз загальної ситуації щодо моніторингу екологічного стану води

1. Моніторинг води

Моніторинг води - це систематичне спостереження, вимірювання та аналіз параметрів, що використовують її фізичні, хімічні та біологічні властивості. Цей процес забезпечує оцінку та контроль якості водних ресурсів із збереження довкілля, охорони здоров'я людей та підтримки постійного використання водних систем.

Основні елементи моніторингу якості води включають збір проб води, вимірювання різних параметрів, таких як рН, розчинені речовини, токсичні речовини, бактерії тощо, і подальший аналіз отриманих даних. Цей процес може включати в себе лабораторні та польові вимірювання, використання спеціальних пристроїв та апаратури, а також застосування різних методів аналізу. [1]

Важливість моніторингу якості води виявляється в наступних аспектах:

- **Здоров'я населення:** Моніторинг якості питної води допомагає виявити наявність шкідливих речовин, бактерій, вірусів та інших забруднюючих речовин. Це дозволяє запобігти поширенню водно-збуджених захворювань, таких як холера, дизентерія, гепатит та інші, і зберегти здоров'я громади.
- **Охорона довкілля:** Моніторинг води сприяє виявленню забруднення водних ресурсів, спричинених промисловими викидами, сільськогосподарською діяльністю, стічними водами та іншими джерелами забруднення. Це дозволяє отримати ефективні заходи для запобігання подальшому зараженню.

1.1. Основні задачі моніторингу води

Моніторинг води включає ряд задач, які спрямовані на збір і аналіз інформації про стан водних ресурсів. [1]

Визначення якості води: Одна з основних задач моніторингу - це визначення фізико-хімічних, біологічних та радіологічних характеристик води. Це включає вимірювання параметрів, таких як рівень розчинених речовин, рН, температура, концентрація кисню, вміст важких металів, пестицидів та інших забруднюючих речовин. [2]

Виявлення забруднень: Моніторинг води допомагає виявляти наявність та джерела забруднень водних ресурсів. Це можуть бути промислові стоки, сільськогосподарські відходи, комунальні стічні води або інші джерела забруднення. Виявлення забруднень дозволяє вживати відповідні заходи для зменшення впливу на довкілля і забезпечення відновлення водних екосистем.

Оцінка екологічного стану: Моніторинг води дозволяє оцінювати екологічний стан водних ресурсів та екосистем, пов'язаних з ними. Це включає визначення біологічної різноманітності, оцінку екологічного індексу, виявлення екологічних змін і тенденцій, а також визначення впливу людської діяльності на водні системи.

Моніторинг річкового стоку: Водяні ресурси, такі як річки, потоки і канали, також потребують моніторингу для визначення рівнів води, стоку та змін у водоспадах

1.2. Джерела та види забруднення поверхневих вод

Поверхневі води можуть бути забруднені різноманітними речовинами та забруднюючими впливами. Основними джерелами забруднення поверхневих вод є:

- Промислові стоки: Стики, що виливаються з промислових підприємств, містять хімічні речовини, відходи виробництва, токсичні речовини та важкі метали.
- Сільськогосподарське забруднення: Забруднення від сільськогосподарської діяльності включає використання пестицидів, мінеральних добрив, фекальні добрива та інших хімікатів, які можуть потрапляти у водні ресурси через зливи, вивітріння ґрунту або неправильне скидання стічних вод.
- Комунальні стічні води: Скидання стічних вод з міських та сільських населених пунктів містить бактерії, віруси, фекальні забруднення, хімічні речовини та інші забруднюючі речовини.
- Незаконне скидання: Незаконні скиди включають неправильне скидання отруйних речовин, відходів виробництва та інших забруднюючих матеріалів без належних методів очищення.

Види забруднення поверхневих вод можуть варіюватися в залежності від джерела забруднення і типу речовини. Основні види забруднення поверхневих вод включають:

- Біологічне забруднення: Поверхневі води можуть бути забруднені бактеріями, вірусами та іншими мікроорганізмами, які можуть бути присутні в стічних водах або стіках з тваринництва.
- Хімічне забруднення: Це включає різноманітні хімічні речовини, такі як токсичні речовини, важкі метали, пестициди, фармацевтичні препарати та інші хімікати. Ці речовини можуть мати шкідливий вплив на водні екосистеми та здоров'я людей.
- Сполуки азоту і фосфору: Використання мінеральних добрив у сільському господарстві або відходів від тваринництва може призвести до витікання азоту і фосфору у поверхневі води. Це може призвести до евтрофікації, коли водойми перенасичуються поживними речовинами, що сприяє надмірному росту водоростей та інших рослин, що може негативно вплинути на екосистему.

- Нафта та нафтопродукти: Виливи нафти або нафтопродуктів в поверхневі води, які можуть статися під час аварій на нафтопроводах або внаслідок незаконної діяльності, можуть мати серйозний негативний вплив на водні ресурси та морських організмів.
- Стикання твердих відходів: Незаконне скидання твердих відходів, таких як сміття, будівельні матеріали та інші небіорозпадні матеріали, може призвести до забруднення поверхневих вод та пошкодження екосистем. [2]

Ці види забруднення можуть спричиняти серйозні проблеми, такі як зниження якості води, вимирання водних організмів, зміни в екосистемі та негативний вплив на здоров'я людей. Контроль і запобігання забрудненню поверхневих вод є важливим завданням для збереження екологічної рівноваги та забезпечення сталого використання водних ресурсів. Для цього використовуються різні заходи, включаючи регулювання стоків забруднених речовин, налагодження систем очищення стічних вод, освітні кампанії та свідоме споживання ресурсів. Крім того, важливо здійснювати систематичний гідроекологічний моніторинг для оцінки якості води, виявлення змін та розробки ефективних стратегій управління водними ресурсами.

1.3. Поняття гідроекологічного моніторингу.

Гідроекологічний моніторинг - це систематичне збирання, аналіз і оцінка даних про якість та стан водних ресурсів з метою визначення їх екологічного стану, виявлення забруднень, контролю за ефективністю заходів водного управління та розробки наукових рекомендацій для збереження і відновлення екосистем водних об'єктів. [3]

Гідроекологічний моніторинг включає в себе збір і аналіз фізико-хімічних, біологічних та гідрологічних даних. Зазвичай використовуються такі методи дослідження, як збір проб води та донних осадів, вимірювання рівня води, температури, рН, концентрації розчинених речовин, вмісту кисню, аналіз біологічної різноманітності, виявлення токсичних речовин та багато іншого.

Метою гідроекологічного моніторингу є отримання об'єктивної інформації про стан водних екосистем, виявлення змін в якості води та розуміння їх впливу на екологічну стійкість водних ресурсів. Це дозволяє приймати належні рішення щодо охорони і відновлення водних об'єктів, а також контролювати дотримання нормативів якості води та вжиття заходів щодо її поліпшення.

Гідроекологічний моніторинг є важливим компонентом екологічного управління водними ресурсами та допомагає забезпечити стале використання і збереження водних систем для майбутніх поколінь.

Висновок до розділу 1

Моніторинг води є невід'ємною складовою ефективного управління водними ресурсами та збереженням екосистем. У цьому розділі було розглянуто основні задачі моніторингу води, джерела та види забруднення поверхневих вод, а також поняття гідроекологічного моніторингу.

Основними задачами моніторингу води є виявлення забруднень, визначення їх джерел, оцінка впливу забруднень на водні екосистеми та забезпечення належного управління водними ресурсами. Це дозволяє встановити базові рівні якості води, виявляти тривалі тенденції зміни якості, оцінювати ефективність заходів з водоохорони та ідентифікувати потенційні загрози для водних екосистем.

Джерела забруднення поверхневих вод різноманітні і включають промислові стоки, сільськогосподарські відходи, міські стоки, викиди з побутових джерел та інші. Забруднення може містити хімічні речовини, відходи, пестициди та інші забруднюючі речовини, що можуть негативно впливати на водні екосистеми та здоров'я людей.

Гідроекологічний моніторинг є важливим інструментом для збереження водних ресурсів і екологічного балансу. Це систематичний процес збору і аналізу даних про стан водних ресурсів та їх екологічну якість. Гідроекологічний моніторинг дозволяє оцінити вплив людської діяльності на водні системи,

виявляти зміни у якості води, розробляти та впроваджувати ефективні заходи з водоохорони. Це допомагає встановити причинно-наслідкові зв'язки між забрудненням води, джерелами забруднення та їх впливом на екосистеми. Гідроекологічний моніторинг також сприяє прийняттю науково обґрунтованих рішень щодо збереження і відновлення водних ресурсів.

Моніторинг води є необхідним інструментом для ефективного управління водними ресурсами та збереження природних екосистем. Виявлення забруднень, визначення їх джерел і оцінка впливу на водні екосистеми дозволяють розробляти та реалізовувати ефективні стратегії водоохорони. Гідроекологічний моніторинг є ключовим інструментом для забезпечення сталого розвитку і збереження цінних водних ресурсів для майбутніх поколінь.

2. Моніторинг води в Україні

Моніторинг води в Україні є важливою складовою охорони довкілля та забезпечення безпеки питної води для населення. Державні органи та спеціалізовані установи виконують завдання з моніторингу та контролю якості водних ресурсів відповідно до національних та міжнародних нормативів. [5]

Національна система моніторингу водних ресурсів в Україні базується на законодавчих актах, таких як Закон "Про охорону навколишнього природного середовища" та "Про питну воду", а також на міжнародних стандартах, зокрема, Директиви Європейського Союзу про якість води.

Україна має національну мережу станцій моніторингу якості води, розташованих по всій території країни. Ця станція містить збір проб води та визначення різних параметрів, у тому числі фізичних, хімічних та біологічних показників. Отримані дані аналізуються та застосовуються для оцінки якості води, виявлення забруднень та заходів для їх усунення. [3]

Національна служба якості води є відповідною для координації та контролю за моніторингом якості води в Україні. Вона співпрацює з місцевими органами влади, науково-дослідними установами, громадськими організаціями та іншими зацікавленими сторонами для забезпечення ефективного моніторингу та охорони водних ресурсів.

Моніторинг якості води в Україні також здійснюється відповідно до вимог Європейської асоціації водних ресурсів та Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ). Це сприяє забезпеченню високого стандарту якості води та враховує міжнародні рекомендації щодо параметрів та методів моніторингу.

Моніторинг води в Україні охоплює різні типи водних об'єктів, включаючи річки, озера, ставки, підземні джерела та водозабірні станції. Важливою частиною моніторингу є вимірювання якості питної води, яке проводиться на водозабірних та водопостачальних пунктах для забезпечення безпеки питної води для населення.

Моніторинг якості води в Україні має значний вплив на прийняття рішень щодо збереження охорони та водних екосистем, покращення якості питної води та забезпечення сталого використання водних ресурсів. Це важлива складова управління водними системами та забезпечення сталого розвитку України.

2.1. Рівні моніторингу води в Україні

Ведення моніторингу води в Україні здійснюється на двох рівнях: державному та регіональному. [1]

Державний рівень моніторингу води: Державний рівень моніторингу води в Україні забезпечується Державною службою статистики та іншими центральними органами виконавчої влади. Державна служба статистики здійснює збір та обробку статистичних даних про водні ресурси, включаючи річки, озера, ставки, болота та підземні води. Вони визначають стандарти та методiku збору даних, розробляють програми моніторингу та забезпечують розповсюдження інформації про стан водних ресурсів на національному рівні.

Регіональний рівень моніторингу води: Регіональний рівень моніторингу води здійснюють місцеві органи влади, зокрема обласні, районні та міські управління з питань надзвичайних ситуацій, охорони навколишнього середовища та водних ресурсів. Вони виконують моніторинг водних об'єктів на своїх територіях, збирають дані про рівень води, якість води, забруднення та інші параметри водних ресурсів. Ці органи забезпечують контроль за дотриманням вимог до якості води та вживають заходів для збереження та відновлення водних екосистем у своїх регіонах.

Ці два рівні моніторингу води взаємодіють та співпрацюють, щоб забезпечити комплексне спостереження та оцінку стану водних ресурсів в Україні. Це дозволяє збирати і аналізувати важливі дані про водні ресурси, їх якість та стан. Дані, отримані на рівні держави та регіону, використовуються для розробки стратегій та політик управління водними ресурсами, прийняття рішень щодо захисту та збереження водних екосистем, контролю за дотриманням

нормативів якості води та вживання відповідних заходів для поліпшення ситуації, якщо виявлені проблеми.

Функціонування спостережної мережі державного моніторингу підземних вод є важливим заходом для запобігання забрудненню території України. Ця мережа була затверджена у 2006 році і на початок 2018 року складалася з 892 спостережних пунктів. З них 288 спостерігають за ґрунтовими водами, 214 спостерігають за міжпластовими водами, а 390 розташовані на опорних полігонах для вивчення умов формування експлуатаційних запасів підземних вод (див. рисунки 2.1-2.3.). [5]

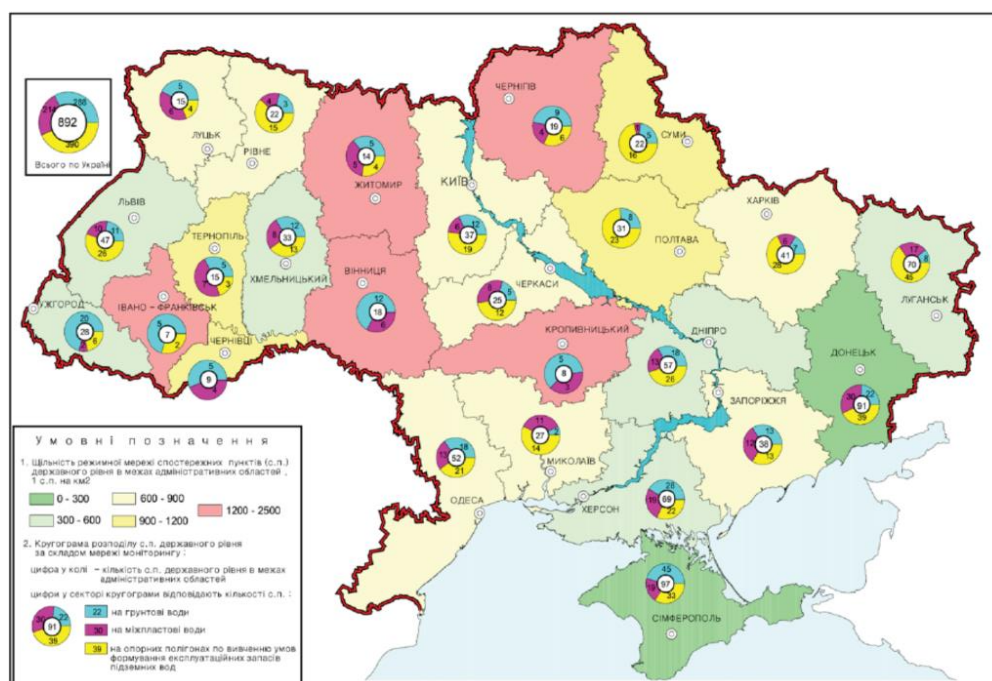
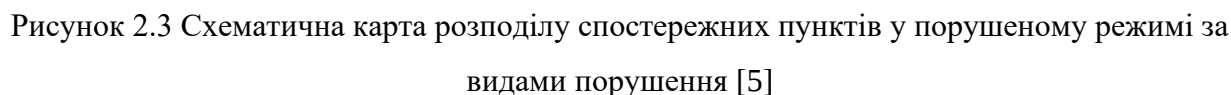


Рисунок 2.1 Схематична карта щільності спостережних пунктів державного рівня моніторингу та їх розподілу за складом мережі в межах адміністративних областей [5]



Розподіл спостережної мережі державного рівня в Україні представлений у таблицях 2.1 і 2.2. Ці таблиці надають інформацію про розташування спостережних пунктів у межах адміністративних областей та по водоносних горизонтах. Це дозволяє встановити широкий охоплюючий огляд стану підземних вод по всій країні та відстежувати їх зміни з часом. [5]

Таблиця 2.1. Розподіл спостережної мережі Державного рівня моніторингу по адміністративних областях станом на 2013 рік. [5]

Адміністративна одиниця	Кількість спостережних пунктів			
	На ґрунтові води	На міжпластові води	На ділянки водозборів	По області
Вінницька	12	6	-	18
Волинська	5	6	4	15
Дніпропетровська	18	13	26	57
Донецька	22	30	39	91
Житомирська	5	5	4	14
Закарпатська	20	2	6	28
Запорізька	13	12	13	38
Івано-Франківська	5	-	2	7
Київська	12	6	19	37
Кіровоградська	5	3	-	8
Луганська	8	17	45	70
Львівська	11	10	26	47
Миколаївська	2	11	14	27
Одеська	18	13	21	52
Полтавська	8	-	23	31
Рівненська	3	4	15	22
Сумська	5	1	16	22
Тернопільська	5	7	3	15
Харківська	7	6	28	41
Херсонська	28	19	22	69
Хмельницька	12	8	13	33
Черкаська	5	8	12	25
Чернівецька	5	4	-	9
Чернігівська	9	4	6	19
А. Р. Крим	45	19	33	97
Всього по Україні	228	214	390	892

Таблиця 2.2. Розподіл спостережної мережі Державного рівня моніторингу по водоносних горизонтах у межах України [5]

Адміні- стративна одиниця	Водо – носний горизонт	Кількість спостережних пунктів					
		Всього	Грунтові води		Міжпластові води		На ділянках водозаборів
			Природ. режим	Поруш. режим	Природ. режим	Поруш. режим	
Україна	Q	281	184	30	7	1	59
	N	176	12	12	18	52	82
	P	84	13		12	12	47
	K	190	7	2	23	15	143
	J	38	18	-	2	5	135
	T	12	1	-	6	-	-
	P	2	-	-	2	-	21
	C	46	-	2	16	7	3
	D	9	-	-	5	1	-
	S	5	-	-	4	1	13
	AR-PR	49	6	1	15	10	17
	Всього	892	241	47	110	104	390
			288		214		

Згідно з постановою Кабінету Міністрів України від 19 вересня 2018 р. № 758 "Порядок здійснення державного моніторингу вод", моніторинг води в Україні здійснюється на різних рівнях і об'єктах. [3]

Об'єктами державного моніторингу вод є:

- Масиви поверхневих вод, включаючи поверхневі водні об'єкти та їх частини, а також прибережні води та зони, які підлягають охороні.
- Масиви підземних вод, включаючи підземні водні об'єкти та їх частини, а також зони, які підлягають охороні.

- Морські води в межах територіального моря та виключної морської економічної зони України, включаючи зони, які підлягають охороні.

Для здійснення державного моніторингу вод розробляються національні, регіональні, відомчі та локальні програми моніторингу вод. У цих програмах визначаються мережі спостережних пунктів, показники і режими спостережень для водних об'єктів та джерел забруднення вод. Також встановлюються регламенти щодо передавання, оброблення та використання інформації, зібраної в процесі моніторингу.

Залежно від поставлених завдань, можна виділити три типи моніторингу:

- Фоновий моніторинг, який здійснюється на постійній основі для оцінки загального стану водних об'єктів.
- Регіональний моніторинг, спрямований на вивчення конкретних регіональних особливостей водних ресурсів.
- Спеціалізований моніторинг, який фокусується на конкретних аспектах, таких як забруднення від певних джерел або вплив господарської діяльності на водні ресурси.

2.2. Методи виконання гідроекологічного моніторингу

Для здійснення гідроекологічного моніторингу вод застосовуються різні методи досліджень, які враховують вимоги Постанови Кабінету Міністрів України від 19.09.18 № 758 "Про затвердження Порядку здійснення державного моніторингу вод", що набула чинності з 1 січня 2019 року, а також Директиви 2000/60/ЄС Європейського Парламенту і Ради "Про встановлення рамок діяльності Співтовариства в галузі водної політики" (Водна рамкова директива) та Директиви Ради 91/271/ЄЕС "Про очистку міських стічних вод" від 21.05.1991 року. [6]

Польові методи досліджень включають:

- Дослідно-фільтраційні роботи, які включають одиночні або кушові відкачування для вивчення гідродинамічних параметрів.

- Режимні спостереження за рівнями ґрунтових і напірних водоносних горизонтів, що дозволяють вивчати їх зміни в часі.
- Геофізичні дослідження, які включають використання методів геоелектрики, сейсміки, магнітної сейсміки тощо.
- Радіометричні дослідження, що забезпечують вимірювання радіаційних показників для вивчення радіоактивного забруднення.
- Дослідно-фільтраційні дослідження для вивчення процесів перенесення забруднюючих речовин.
- Вивчення процесу теплопереносу, що дозволяє оцінювати термодинамічні характеристики системи порода-вода.

Лабораторні дослідження включають:

- Вивчення динамічного стану на монолітах або колонках з водовмісними породами щодо процесів перенесення забруднюючих речовин.
- Вивчення стаціонарних параметрів розподілу радіонуклідів, що дозволяє оцінити рівень радіоактивного забруднення.
- Лабораторні аналізи води та порід, що дозволяють визначити хімічний склад і концентрацію забруднюючих речовин.
- Вивчення термодинамічного стану системи порода-вода, що дозволяє оцінити взаємодію між породами та водою з точки зору теплових процесів та хімічного спілкування.

Ці методи досліджень використовуються для здійснення гідроекологічного моніторингу вод і дозволяють отримати необхідну інформацію про якість та стан водних ресурсів. Вони враховують вимоги національних та міжнародних нормативних документів, що регулюють проведення моніторингу водної середовища.

2.3. Основні види моніторингових робіт

Збір проб води: Цей вид робіт передбачає збір проб води з різних водойм або створених людиною джерел для подальшого аналізу. Проби збираються за

певними правилами і з урахуванням встановлених нормативів, які визначають частоту та місця збору проб. [3]

Вимірювання фізико-хімічних параметрів: Цей вид робіт включає вимірювання таких параметрів, як температура, розчинені кисню, рН, електрична провідність, розчинений іноземний речовини та інші фізико-хімічні показники. Ці вимірювання надають інформацію про характеристики води і дозволяють оцінити її якість та стан. [4]

Біологічний моніторинг: Цей вид моніторингу включає в себе вивчення біологічних складових водних екосистем, таких як рослини, водорості, безхребетні та риби. Вимірюються такі показники, як біомаса, видовий склад, розмаїття видів та екологічні показники, що дозволяють оцінити стан водних екосистем та їхню здатність до самоочищення. [6]

Моніторинг забруднюючих речовин: Цей вид моніторингу передбачає визначення концентрацій різних забруднюючих речовин, таких як важкі метали, органічні сполуки, пестициди та інші, в пробах води. Для цього використовуються лабораторні аналізи, такі як хроматографія, спектрофотометрія, мас-спектрометрія та інші методи. [3]

Моніторинг гідрологічних параметрів: Цей вид моніторингу включає в себе вимірювання гідрологічних параметрів, пов'язаних з рухом і кількістю води. Це можуть бути такі параметри, як рівень води, стік води, швидкість течії, витрата води, вміст осадів і т.д. Вимірювання проводяться за допомогою гідрологічних станцій, які обладнані датчиками та приладами для збору даних. [5]

Моніторинг радіаційного стану: Для контролю рівня радіації у водних джерелах проводиться моніторинг радіаційного стану. Вимірюються рівні радіоактивних речовин у воді, таких як радій, радон, цезій та інші радіонукліди. Використовуються спеціальні радіометричні методи та прилади для збору даних.

Моніторинг екологічного стану: Цей вид моніторингу включає комплексну оцінку екологічного стану водних екосистем. Вимірюються параметри, які відображають забруднення, екологічний стан та здатність екосистем до самоочищення. Це можуть бути такі показники, як біохімічний кисеньний попит

(БКП), хімічний кисеньний попит (ХКП), біологічні показники екологічного стану (наприклад, біологічний індекс різноманітності), токсичність та інші.

Використання цих методів досліджень у моніторингу води дозволяє отримати комплексну інформацію про стан водних ресурсів, виявити забруднення, вплив людської діяльності та приймати науково обґрунтовані рішення щодо збереження та охорони водних екосистем.

Висновок до розділу 2

Моніторинг води в Україні є важливою складовою системи охорони та управління водними ресурсами. Враховуючи розмаїття водних систем і їх значення для природи і суспільства, проведення моніторингових робіт має вирішальне значення для забезпечення належної якості води та збереження водних екосистем.

Рівні моніторингу води в Україні включають державний, регіональний та місцевий рівні. Державний моніторинг виконується Державним агентством водних ресурсів України та його підрозділами. Регіональний моніторинг здійснюють регіональні органи влади та спеціалізовані установи. Місцевий моніторинг залучає місцеві органи влади та громадські організації. Ця ієрархія рівнів моніторингу сприяє комплексному збору та аналізу даних про стан водних ресурсів на різних територіях.

Методи виконання гідроекологічного моніторингу включають збір проб води, вимірювання фізико-хімічних показників, виявлення та аналіз забруднюючих речовин, оцінку водних біологічних екосистем та їхнього різноманіття. Для досягнення надійних та точних результатів використовуються сучасні лабораторні методи, інструменти та технології.

Основні види моніторингових робіт включають контроль якості води в річках, озерах, ставках та інших водоймах, вимірювання рівня води та потоків, вивчення гідрологічних процесів, а також моніторинг розташування водних ресурсів, виявлення забруднень та їх джерел, оцінку екологічного стану водних

екосистем, вивчення біологічного різноманіття та екологічного потенціалу водних об'єктів.

Моніторинг води в Україні виконується згідно з національними та міжнародними нормативно-правовими актами, що регулюють якість та охорону водних ресурсів. Державні органи, наукові установи, громадські організації та інші зацікавлені сторони активно співпрацюють у проведенні моніторингових робіт з метою забезпечення сталого водокористування та екологічного благополуччя.

Враховуючи значення водних ресурсів для здоров'я людей, розвитку господарства та збереження природи, моніторинг води залишається важливим інструментом для сталого розвитку України. Його постійне вдосконалення, впровадження нових технологій та співпраця між всіма зацікавленими сторонами є ключовими факторами успішного забезпечення екологічно чистих водних ресурсів та збереження багатства водних екосистем у майбутньому.

3. Види спостережень

При гідрогеологічних дослідженнях проводяться різні види спостережень, включаючи разові і систематичні вимірювання рівня, напору і дебіту підземних вод. Разові вимірювання здійснюються для вирішення конкретних поточних завдань, таких як гідрогеологічні та меліоративні зйомки, підготовка до будівництва тощо. Ці вимірювання зазвичай проводяться один раз і мають обмежену тривалість. [5]

Систематичні стаціонарні спостереження за рівнем води проводяться з метою вивчення просторово-часових закономірностей його зміни протягом тривалого періоду. Ці спостереження розташовуються на постійних пунктах і виконуються протягом тривалого часу, що дозволяє виявити основні тенденції та закономірності формування рівня води.

При виконанні дослідних робіт, таких як відкачування, наливи або нагнітання, тривалість спостережень залежить від тривалості досліду і зазвичай становить від кількох днів до кількох місяців. Ці спостереження дозволяють вивчати зміни рівня, напору і дебіту води під час проведення дослідних робіт. Для вивчення закономірностей зміни рівня, напору і дебіту в природних умовах з метою складання гідрогеологічних прогнозів вимагаються систематичні спостереження тривалою безстроковістю. Такі спостереження проводяться протягом тривалого періоду, а їх значущість зростає пропорційно тривалості і безперервності вимірювань. Це дозволяє виявити довготривалі зміни і тенденції

3.1. Вимірювання дебіту води.

Для вимірювання дебіту води застосовуються різні методи, залежно від характеру досліджуваного об'єкта і витрати води.

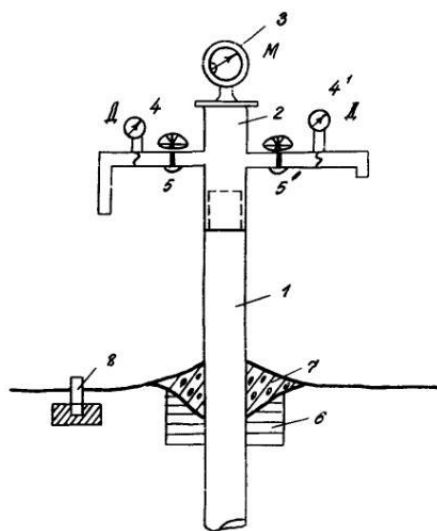
На поверхневих водотоках, таких як струмки або річки, одним із способів вимірювання дебіту є вимірювання швидкості течії води та поперечного перерізу потоку. Це може бути здійснено за допомогою гідрометричних станцій або

вручну за допомогою спеціальних приладів. Значення швидкості течії та площі поперечного перерізу потоку використовуються для розрахунку дебіту води.

В разі фонтануючих свердловин важливо виміряти дебіт води. Для цього рекомендується встановлювати комбінований оголовок, який дозволяє виміряти дебіт за допомогою відведення води у відомий об'єм. Це може включати заповнення водозливу та вимірювання швидкості заповнення. [5]

Крім цього, існують інші методи вимірювання дебіту води, які використовуються в специфічних умовах досліджень. Вимірювання дебіту є важливим елементом гідрогеологічних досліджень, оскільки це дозволяє отримати інформацію про кількість води, що протікає через досліджуваний об'єкт, що має значний вплив на гідрологічні процеси та ресурси.

На рисунку 3.1. показана схема спостереження свердловини при самовиливі



1 - обсадна труба; 2 - оголовок; 3 - манометр; 4, 4' - витратоміри на малу і велику витрата відповідно; 5-5' - вентилі; 6 - глиняний замок; 7 - цементация; 8 – репер

Рисунок 3.1 Схема обладнання спостережної свердловини при самовиливі [7]

3.2. Вимірювання напору води

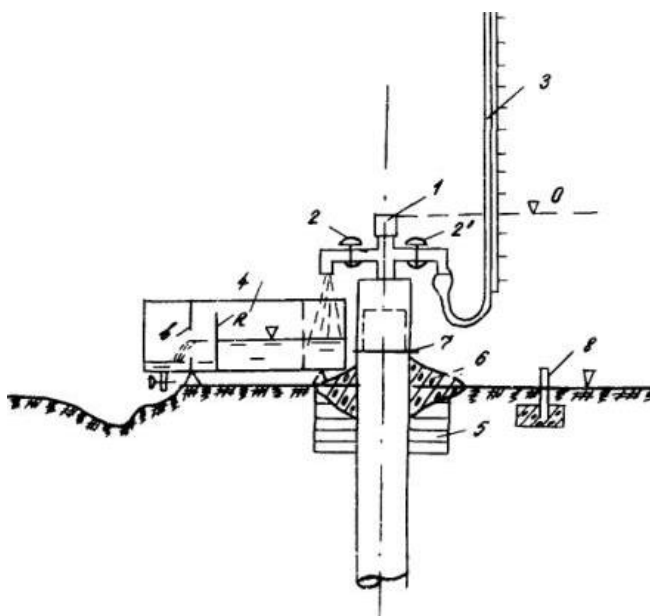
Вимірювання напору води є важливим елементом гідрогеологічних досліджень. Для цього можуть використовуватись різні методи, залежно від умов і типу свердловини.

У випадку самовиливних свердловин, де п'єзометричний напір є невеликим, рекомендується використовувати скляний п'єзометр. Для цього спочатку необхідно закрити вентиль на п'єзометрі та відкрити кран на свердловині. Після цього очікується, поки рівень води в п'єзометрі не встановиться на одній висоті протягом 30-40 хвилин. Записується виміряна висота над маркою свердловини в метрах. [5]

У випадку фонтануючих свердловин, які мають значний напір, вимірювання можуть здійснюватися за допомогою манометра. В таких свердловинах встановлюють спеціальні оголовки, які дозволяють вимірювати напір за допомогою манометра.

Загальна методика вимірювання напору полягає у визначенні п'єзометричної висоти над верхнім зрізом свердловини. Це дає уявлення про тиск і рівень води в свердловині, що є важливою інформацією для гідрогеологічного аналізу та прогнозування. [7]

Рисунок 3.2. показує комбінований оголовок і вимірювання напору і дебіту самовиливної свердловини.



1 - верх оголовка; 2-2' - вентилі; 3 - п'єзометр; 4 - мірний бак-лоток з водозливом b і рейкою R ; 5 - глиняний замок; 6 - цементна подушка; 7 - прокладка; 8 - репер

Рисунок 3.2 Комбінований оголовок і вимірювання напору і дебіту самовиливної свердловини

3.3. Вимірювання рівня води

Вимірювання рівня води в гідрогеологічних дослідженнях виконується за допомогою спеціальних вимірювальних пристроїв, зокрема гідрогеологічних рулеток з хлопавкою. [8] Основні кроки процедури вимірювання рівня води такі:

1. Вимірювання від постійної мітки: Рівень води вимірюється від фіксованого горизонтального верхнього зрізу обсадної труби або оголовка свердловини. Це забезпечує стандартизацію вимірювань і точність отриманих даних.
2. Опускання хлопавки: Спостерігач опускає хлопавку в свердловину до появи характерного звуку - плескоту або свистка. Це вказує на те, що хлопавка досягла поверхні води.
3. Досягнення різкого звуку: Спостерігач пересуває вимірювальну стрічку вниз-вгору на невелику відстань (зазвичай 2-4 см) і добивається такого положення хлопавки, коли звук від зіткнення її з водою стає найбільш чітким і різким. Це допомагає точніше визначити рівень води.
4. Вимірювання і запис результатів: Після досягнення різкого звуку, спостерігач відмічає показання на стрічці вимірювального пристрою. Спочатку відраховуються сантиметри з точністю до 1 см, а потім метри. Отримані результати відліку рівня води записуються в польову книжку.
5. Контрольні виміри: Процедуру вимірювання рівня повторюють два-три рази на тій же свердловині. Якщо різниця між вимірами рівня при контрольному вимірі становить менше 0,5 см, то перший вимір вважається правильним. В іншому випадку, вимір, який повторюється не менше двох разів, вважається правильним.

Цей процес забезпечує точність вимірювань рівня води і дозволяє отримати достовірні дані про рівень ґрунтових вод у свердловинах або інших джерелах. Результати вимірювань використовуються для аналізу гідрогеологічних умов, оцінки резервів води, планування водопостачання та інших гідрогеологічних заходів. Важливо дотримуватись правильної методики вимірювання рівня води і

уважно записувати отримані результати для подальшого аналізу та використання в гідрогеологічних дослідженнях.

3.3.1. Важливість моніторингу рівня води

Моніторинг рівня води є важливою складовою гідрогеологічного та гідроекологічного дослідження. Ось основні причини важливості моніторингу рівня води. [9]

Водопостачання: Моніторинг рівня води допомагає визначити наявність і резерви підземних вод, що використовуються для водопостачання. Знання рівня води дозволяє визначити доступні ресурси, контролювати їх використання та планувати довгострокове водопостачання.

Гідрогеологічні дослідження: Моніторинг рівня води надає важливі дані для гідрогеологічного аналізу. Він дозволяє визначити напрямок та швидкість руху підземних вод, властивості гідрогеологічних формацій, стабільність джерел водопостачання та можливі наслідки забору води.

Забезпечення екологічної стійкості: Моніторинг рівня води є необхідним для забезпечення екологічної стійкості водних екосистем. Зміни рівня води можуть впливати на екосистеми, включаючи вологолюбні рослини, тваринний світ та водні екосистеми. Моніторинг допомагає виявити потенційні проблеми та прийняти заходи для їх запобігання або відновлення природного балансу.

Запобігання природним катастрофам: Знання рівня води є важливим для передбачення та запобігання природним катастрофам, пов'язаним з водою, таким як повені, зсуви ґрунту та пошкодження інфраструктури. Моніторинг рівня води допомагає вчасно виявляти зміни.

Управління водними ресурсами: Моніторинг рівня води є ключовим елементом управління водними ресурсами. Він надає інформацію про доступність водних ресурсів, використання води, баланс між водним попитом і постачанням, ефективність водокористування та регулювання режимів резервуарів і гідротехнічних споруд.

Вплив кліматичних змін: Моніторинг рівня води дозволяє оцінити вплив кліматичних змін на водні ресурси. Зміни в рівні води можуть бути наслідком змін в опадах, температурі, таненні снігу та інших кліматичних факторах. Ця інформація є важливою для розуміння змін у водному циклі та розробки стратегій адаптації до кліматичних змін.

Попередження про посухи: Моніторинг рівня води допомагає виявити ознаки посушливих періодів та передбачити посушливі умови. Знання про рівень води дозволяє приймати вчасні рішення щодо водопостачання, забезпечення сільськогосподарської діяльності, регулювання використання води та запобігання екологічним проблемам, пов'язаним з посухами.

Моніторинг рівня води є необхідним для ефективного управління водними ресурсами, збереження екологічної рівноваги та захисту водних екосистем. Він допомагає приймати обґрунтовані рішення щодо використання води, попереджувати природні катастрофи та забезпечувати стаке водопостачання для різних секторів людської діяльності.

Висновок до розділу 3

У даному розділі було розглянуто різні види спостережень та вимірювань, такі як вимірювання дебіту води, вимірювання напору води та вимірювання рівня води. Кожен з цих методів має свої переваги та обмеження, але разом вони утворюють комплексний підхід до моніторингу водних ресурсів.

Вимірювання дебіту води дозволяє визначити кількість води, що протікає через водний об'єкт за одиницю часу. Це дозволяє встановити точну кількість води, що використовується або проходить через річку, ставок чи канал. Однак, цей метод може бути складним у виконанні і вимагати спеціалізованого обладнання та навчання.

Вимірювання напору води використовується для визначення висоти водного стовпа або тиску води. Це дозволяє контролювати рівень води у водоймах, в системах водопостачання та водовідведення. Перевагою цього методу є його

простота та доступність, але обмеження полягають у вимогах до точного розташування датчиків та можливих помилках вимірювання.

Вимірювання рівня води використовується для визначення висоти водної поверхні у водоймах, колодязях чи скважинах. Це дозволяє встановити зміни рівня води в часі та контролювати водні режими. [7]

Впровадження сенсорів та мікросистем для моніторингу води має велике значення в контексті автоматизації та вдосконалення процесу моніторингу. Сенсори дозволяють отримувати вимірювання в режимі реального часу і надійно відстежувати зміни у якості води, дебіті, напорі та рівні води. Вони можуть бути програмовані для автоматичного збору даних і передавати їх безпосередньо на центральну станцію моніторингу. Це дозволяє швидко реагувати на зміни та вживати необхідні заходи для збереження водних ресурсів та забезпечення екологічного стану водних екосистем. [5]

Використання сенсорів та мікросистем для моніторингу води має декілька переваг. По-перше, вони дозволяють збір даних у режимі реального часу, що сприяє оперативній реакції на зміни. По-друге, вони зменшують потребу в ручному зборі даних та мають менше ймовірності людських помилок. По-третє, вони забезпечують більш широкий охоплення вимірювань, охоплюючи більшу кількість водних об'єктів і точок спостережень. Впровадження сенсорів та мікросистем для моніторингу води має велике значення для ефективного управління водними ресурсами. Вони допомагають збирати об'єктивні дані, аналізувати їх та встановлювати тренди забруднення, рівень води та гідрологічні параметри. Це дозволяє приймати обґрунтовані рішення щодо охорони водних ресурсів, виявлення проблемних ділянок та розробки ефективних стратегій їх відновлення.

Частина 2. Розробка багатфункціонального вимірювального комплексу

4. Огляд проектів по моніторингу води

4.1. Розумне управління водою за допомогою ІОТ.

Робота присвячена вимірюванню рівня води в резервуарі за допомогою датчика та передачі даних на хмару з використанням мікроконтролера та програми для телефону. [10]

Система управління двигуном на основі вимірювань рівня води дозволяє забезпечити автоматичне регулювання рівня води у резервуарі. Це забезпечує ефективне використання водних ресурсів та запобігає можливим проблемам, пов'язаним з переповненням або недостатнім рівнем води.

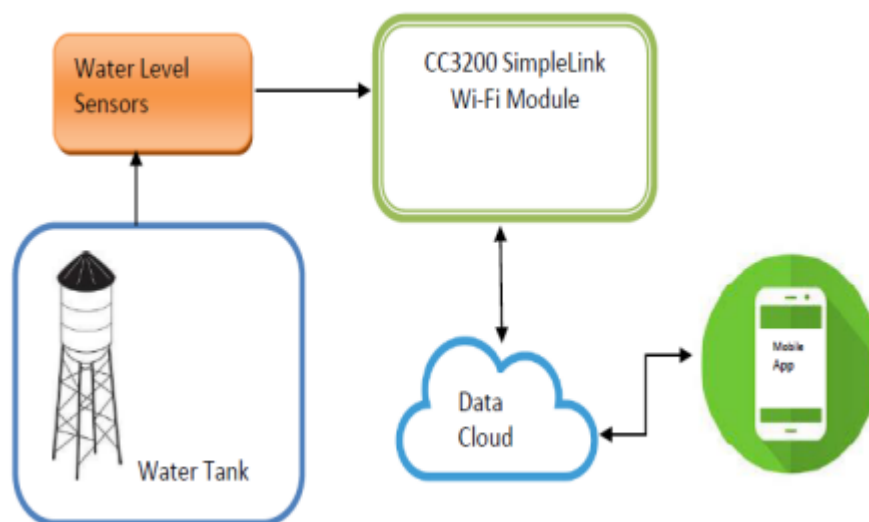


Рисунок 4.1 Блок схема системи управління рівнем води у резервуарі [10]

Однак, важливо зазначити, що в цій системі не проводиться моніторинг якості води, що є критичним аспектом забезпечення безпеки та здоров'я користувачів. Окрім рівня води, необхідно враховувати параметри, такі як рН рівень, концентрація розчинених речовин, наявність шкідливих мікроорганізмів та інші показники, що впливають на якість води.

Тому, для повноцінного моніторингу води, бажано додати до системи додаткові сенсори та методи аналізу, що дозволяють визначити якість води в резервуарі. Наприклад, можна використовувати додаткові сенсори для вимірювання параметрів, які вказують на забруднення води, або використовувати аналітичні методи, щоб оцінити якість води.

Також варто звернути увагу на необхідність регулярного оновлення додатку та перевірки його працездатності. Оновлення додатку може забезпечити виправлення помилок, додавання нових функцій або покращення інтерфейсу. Перевірка працездатності додатку допомагає впевнитися, що дані відображаються коректно та вчасно.

4.2. Модель на основі IoT для розумного розподілу води з моніторингом якості.

Робота присвячена розподілу води за допомогою датчика потоку води, а регулюючий клапан допоможе у рівномірному розподілі води та забезпечити достатню кількість води. [11]

Розподіл води є важливим аспектом управління водними ресурсами, і використання датчика потоку води разом із регулюючим клапаном може допомогти досягти рівномірного розподілу води та забезпечити достатню кількість води для потреб.

Датчик потоку води використовується для вимірювання об'єму води, який протікає через систему. Цей датчик може бути встановлений у водопровідній системі або іншому каналі, через який протікає вода. Він вимірює швидкість потоку або об'єм води, що протікає, і передає ці дані до контрольної системи.

Регулюючий клапан, у свою чергу, використовується для контролю над розподілом води в системі. Він може бути налаштований для регулювання потоку води, який проходить через нього. За допомогою цього клапана можна забезпечити рівномірний розподіл води між різними ділянками системи або контролювати потік води до конкретних областей.

Використання датчика потоку води разом із регулюючим клапаном дозволяє стежити за потоком води та активно регулювати його. Це дозволяє забезпечити рівномірний розподіл води в системі і підтримувати необхідний рівень водопостачання в різних ділянках.

В описаній моделі системи відсутній датчик рівня води, що може призвести до ситуації, коли користувачі не будуть мати інформації про наявність води в резервуарі. Однак, є кілька способів, які можна застосувати для повідомлення про наявність води або її відсутності:

Візуальне спостереження: Якщо резервуар має прозорі стінки або кришку, користувачі можуть періодично перевіряти наявність води, спостерігаючи самотійно. Однак, цей підхід може бути неефективним у випадку, коли резервуар знаходиться в недоступному або віддаленому місці.

Ручне вимірювання рівня: Користувачі можуть використовувати мірний посуд або інші інструменти для вимірювання рівня води в резервуарі.

Встановлення датчика рівня води: Як альтернативу, можна встановити датчик рівня води в резервуарі. Цей датчик буде моніторити рівень води і передавати інформацію про його зміну до системи керування або до спеціального пристрою, який може повідомляти користувачів про наявність або відсутність води.

Застосування датчика рівня води дозволить автоматично моніторити рівень води та надавати актуальну інформацію користувачам. При досягненні низького рівня води можна відправляти сповіщення або виконувати автоматичні дії, наприклад, активувати насос для підтримки водопостачання.

Крім того, така система може бути особливо корисною в умовах обмежених водних ресурсів або при регулюванні потоку води для зрошування, поливу сільськогосподарських угідь або інших водокористувальних систем.

4.3. Проектування системи водного господарства

Система складається з трьох бездротових сенсорних підсистем, які спілкуються між собою за допомогою бездротового зв'язку і передають інформацію на шлюз. Шлюз, у свою чергу, підключений до комп'ютера, на якому розташований графічний інтерфейс для взаємодії з системою. [12]

Кожна з бездротових сенсорних підсистем виконує функції збору даних. Вони можуть бути розташовані у різних місцях або займатися вимірюванням різних параметрів, залежно від призначення системи. Наприклад, це можуть бути температурні сенсори, сенсори вологості або датчики рівня.

Сенсорні підсистеми збирають дані і передають їх за допомогою бездротового зв'язку на шлюз. Шлюз є проміжним вузлом, який отримує дані від сенсорних підсистем і пересилає їх на комп'ютер, де знаходиться графічний інтерфейс.

На комп'ютері з встановленим графічним інтерфейсом користувач може відображати та аналізувати отримані дані. Графічний інтерфейс надає зручний спосіб взаємодії з системою, відображає вимірювання сенсорів, а також може надавати можливість керувати системою або встановлювати параметри.

Така система бездротового зв'язку дозволяє зручно збирати дані з різних точок і передавати їх на центральний комп'ютер для подальшого аналізу та взаємодії з користувачем через графічний інтерфейс.

Через бездротову передачу даних іноді доставка даних не забезпечується. Деякі причини, що можуть призвести до не доставки та втрати даних:

Перешкоди на шляху передачі: Фізичні перешкоди, такі як стіни, будівлі, металеві конструкції або інші перешкоди, можуть знизити сигнал бездротового зв'язку або спричинити його втрату.

Погана мережева інфраструктура: Якщо мережева інфраструктура, така як маршрутизатори, точки доступу Wi-Fi або інші мережеві пристрої, не належним чином налаштовані або функціонують зі збоями, це може призвести до проблем з доставкою даних.

Перевантаження мережі: Якщо бездротова мережа перевантажена або має обмежену пропускну здатність, це може призвести до втрати даних. Велика кількість одночасних передач даних або використання мережі іншими пристроями може призвести до затримок або втрати пакетів даних.

Помилки при передачі даних: При бездротовій передачі даних можуть виникати помилки, які можуть призвести до пошкодження або втрати даних. Це може статися через шум у каналі передачі, затримки або інші фактори, що впливають на якість сигналу.

Враховавши обмеження попередніх моделей управління водними ресурсами, модель долає ці недоліки, оскільки вона включає використання хмари для зберігання даних з датчиків. Це дозволить подбати про безпеку даних та запобігти їх втраті. Представлена модель також використовує датчик рівня води, який буде давати інформацію про рівень води в резервуарі в реальному часі. Моніторинг якості забезпечить постачання безпечної води. Він відображає дані на веб-сайті, тому використання веб-сайту над додатком забезпечує швидший доступ до даних з будь-якого місця.

Висновок до розділу 4

Висновок до розділу про 3 проекти розумного управління водою на основі IoT, засновані на різних сенсорах та системах передачі даних, вказує на те, що у всіх цих проектах є недоліки. Хоча ці проекти мають потенціал для вдосконалення управління водою та моніторингу якості, їх поточні реалізації мають певні обмеження та проблеми.

У першому, який використовує сенсор рівня води та андроїд додаток, відсутність датчика рівня води може призвести до втрати інформації про наявність води в резервуарі. Це може створити проблеми для користувачів, оскільки вони можуть не знати про відсутність води.

У другому, який використовує датчик потоку води та регулюючий клапан для розумного розподілу води, виникає ризик втрати даних при бездротовій

передачі. Це може бути спричинено перешкодами на шляху передачі даних, нестабільним зв'язком або іншими проблемами бездротового з'єднання.

У третьому, що базується на 3 бездротових сенсорах та передачі даних на графічний інтерфейс через шлюз, також існують питання безпеки та надійності передачі даних. Недостатня мережева інфраструктура або перевантаження мережі можуть призвести до недоставки або втрати даних.

Однак, варто зазначити, що незважаючи на наявність недоліків, у цих проектах є також значні переваги. Вони спрямовані на автоматизацію та оптимізацію процесів управління водою, що має велике значення для збереження ресурсів та поліпшення якості систем автоматизації водопостачання адаптовані до реальних потреб.

5. Вибір мікроконтролера

Мікроконтролери, виконані у формі мікросхем, є спеціалізованими комп'ютерами, які включають мікропроцесор, оперативну та постійну пам'ять для збереження програмного коду і даних, а також порти вводу-виводу та спеціальні блоки. Вони використовуються для керування різними електронними пристроями. Їх компактні розміри, низьке енергоспоживання та вартість дозволяють створювати пристрої, що працюють ефективно і мають зменшені габарити. [13]

Мікроконтролери широко застосовуються у сучасних пристроях, таких як мобільні телефони, пральні машини, системи керування автомобілями та багато інших. Вони відповідають за виконання різноманітних завдань, від керування рухомими частинами до збору інформації. Мікроконтролери також використовуються в системах контролю, вимірювальних пристроях, системах безпеки та інших сферах.

Ці компоненти є основою багатьох високоефективних систем, зокрема систем Інтернету речей (IoT), де пристрої здатні підключатися та обмінюватися даними між собою. Мікроконтролери є потужним інструментом, що дозволяє реалізувати ідеї та інновації, сприяючи покращенню нашого повсякденного життя та розвитку технологій.

5.1. Arduino

Arduino — це плата розробки мікроконтролера, яка дозволяє виконувати різноманітні завдання, такі як керування світлодіодами, отримання вхідних сигналів від кнопок, зчитування даних з датчиків, управління двигунами та багато іншого. Найпопулярнішою платою Arduino є Arduino UNO, яка базується на мікроконтролері ATmega328P від Microchip (раніше Atmel). Для програмування плат Arduino використовується спеціальне програмне забезпечення Arduino IDE, яке надає інструменти для редагування коду, компіляції і програмування мікроконтролера. [14]

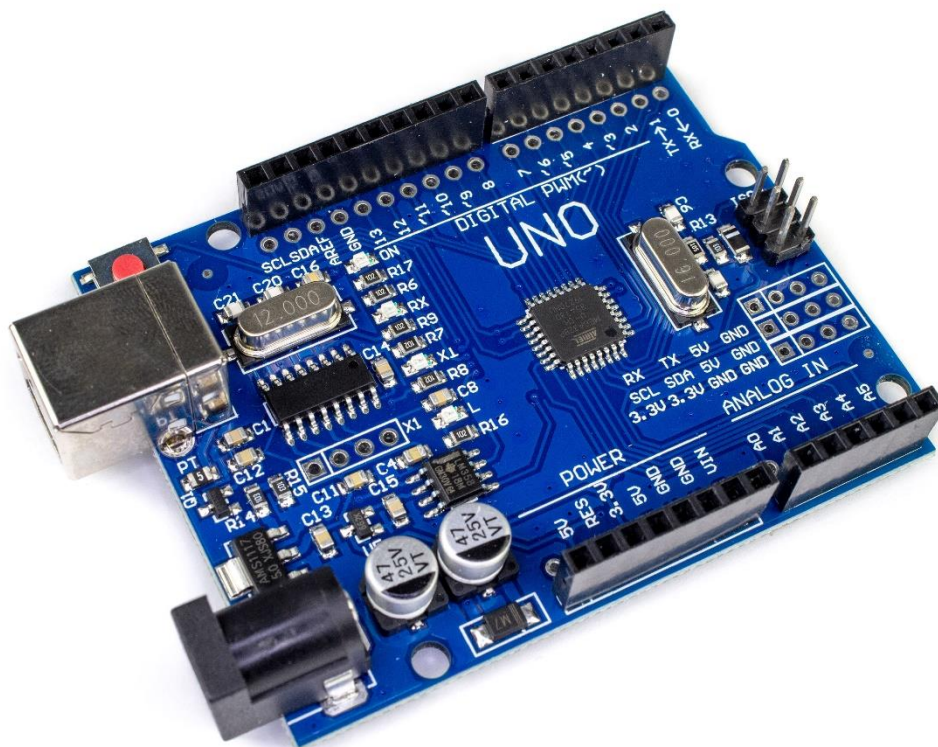


Рисунок 5.1 Arduino UNO [14]

Для розробки програмного забезпечення для Arduino використовується Arduino IDE - спеціальне середовище розробки. У цьому інтерфейсі ви можете написати свій код, використовуючи мови програмування C і C++. Код потім компілюється в двійковий файл, який мікроконтролер може розуміти.

Одна з важливих переваг Arduino - це відкритий код. Це означає, що ви маєте доступ до вихідного коду Arduino IDE, бібліотек та файлів дизайну апаратного забезпечення. Ви можете вивчати ці файли, модифікувати їх та навіть створювати свої власні версії плат Arduino.

Крім того, завдяки великій спільноті користувачів Arduino, ви можете знайти безліч ресурсів, документації, прикладів коду та підтримки для своїх проектів. Це робить Arduino популярним вибором для початківців у світі електроніки та мікроконтролерів.

5.2. Raspberry Pi

Raspberry Pi - це комп'ютерна плата, розроблена з метою навчання та стимулювання інтересу до програмування у студентів та спільноти ентузіастів. Вона базується на мікропроцесорах серії ARM Cortex A і має широкі можливості, подібні до звичайного комп'ютера. [15]

Завдяки різноманітним інтерфейсам, таким як HDMI або AV для підключення монітора, порти USB для підключення миші та клавіатури, а також можливість підключення до мережі Інтернет через кабель або Wi-Fi, Raspberry Pi дозволяє використовувати багато периферійних пристроїв та розширювати його функціональність. Крім того, є спеціальний інтерфейс для підключення камери, що дає можливість знімати фотографії та відео.



Рисунок 2.1 Raspberry Pi 4 Model B [15]

Raspberry Pi разом із подібними платами називають одноплатним комп'ютером (SBC), оскільки він містить усі компоненти комп'ютера, включаючи процесор, оперативну пам'ять, накопичувач, графіку та роз'єми, на одній друкованій платі.

Будучи повноцінним комп'ютером, Raspberry Pi здатний працювати з операційною системою. Raspberry Pi Foundation, організація, відповідальна за проектування та розробку Raspberry Pi SBC, надає дистрибутив Linux на основі Debian під назвою Raspberry Pi OS (раніше відома як Raspbian OS).

Іншим важливим аспектом Raspberry Pi є те, що будучи комп'ютером на базі Linux, він підтримує кілька мов програмування для розробки програмного забезпечення, таких як C, C++, Python, Java, HTML тощо.

Незважаючи на свою початкову спрямованість на просування програмної освіти, зокрема на таких мовах, як Python і Scratch, оригінальний Raspberry Pi SBC здобув величезну популярність серед любителів, виробників і ентузіастів DIY для розробки різноманітних програм. Це робототехніка, метеостанції, системи безпеки на основі камер та багато іншого.

5.3. Порівняння Raspberry Pi та Arduino

Arduino та Raspberry Pi є двома конкуруючими платформами, які мають свої особливості та застосування. [16]

Обидва ці пристрої мають свої унікальні особливості та застосування. Arduino зосереджений на електроніці, мікроконтролерних проектах та навчальному програмуванні, у той час як Raspberry Pi є повноцінним комп'ютером з більшими обчислювальними можливостями та розширеними можливостями для програмування та розробки програмного забезпечення.

У таблиці 5.3. наведено порівняння Arduino та Raspberry Pi.

Таблиця 5.3. Порівняння Raspberry Pi та Arduino

Ознаки для порівняння	Arduino	Raspberry Pi
Архітектура	Базується на мікроконтролері, який має обмежені ресурси. Використовується для керування датчиками та актуаторами в реальному часі	Міні-комп'ютер, який має більшу обчислювальну потужність і розширені можливості..
Характеристики процесора:	Найпростіший мікроконтролер із частотою зазвичай 8 або 16 МГц. Не має операційної системи.	Потужний мікропроцесор з частотою від 1,2 ГГц до 2,5 ГГц. Працює під управлінням операційної системи
Пам'ять	Обмежений об'єм пам'яті для зберігання програмного коду та даних.	Більший обсяг оперативної пам'яті та можливість підключення зовнішньої пам'яті.
Застосування:	Використовується у проектах, де потрібна низька споживання енергії та реального часу.	Створення повноцінних комп'ютерних систем, медіацентрів, серверів та сенсорів.
Ввід-вивід:	Має обмежену кількість входів-виходів (GPIO), включаючи цифрові та аналогові входи-виходи. Часто використовується для підключення датчиків та актуаторів.	Має більшу кількість портів GPIO, що дозволяє підключати більше зовнішніх пристроїв, таких як сенсори, світлодіоди, дисплеї тощо. Крім того, Raspberry Pi має інші інтерфейси, такі як HDMI, USB, Ethernet, Wi-Fi, Bluetooth, які можна підключати різні пристрої.
Розширення та модульність:	Має широкий вибір розширень, які можна підключити до основної плати Arduino. Вони надають додаткові функції, такі як підключення до інтернету, бездротовий зв'язок, сенсори, дисплеї тощо.	За допомогою роз'ємів GPIO та розширювальних плат можна підключити додаткове обладнання, таке як сенсори, дисплеї, камери, аудіоплати та інші.

Висновок до розділу 5

Вибір між мікроконтролерами, такими як Arduino, і міні-комп'ютерами, такими як Raspberry Pi, залежить від конкретних потреб проекту. Arduino підходить для простих проектів, швидкого прототипування та керування електронними компонентами. Він має простий інтерфейс програмування і широкий вибір додаткових модулів і пінів.

З іншого боку, Raspberry Pi є більш потужним і гнучким варіантом, оскільки він надає повну функціональність комп'ютера, розширені можливості програмування та доступ до різноманітних операційних систем. Raspberry Pi підходить для складніших проектів, розробки програмного забезпечення та використання у повноцінному комп'ютерному середовищі.

На мою думку для даного проекту Raspberry Pi є найкращим варіантом. Він дозволяє створювати розширені проекти, використовувати різні мови програмування та має широкий спектр вводу-виводу. Крім того, Raspberry Pi надає доступ до багатьох операційних систем і має велику спільноту розробників.

Враховуючи всі ці фактори, Raspberry Pi є потужним інструментом для розвитку проекту, забезпечуючи гнучкість, обчислювальну потужність та доступ до різноманітних можливостей програмування і розробки програмного забезпечення.

6. Розробка комплексу для онлайн моніторингу

Загальна блок-схема запропонованої системи виглядає так, як показано на рисунку 6.1. Запропонована блок-схема складається з ряду пристроїв з відповідними датчиками, а зібрані дані з усіх пристроїв збираються та надсилаються на Raspberry pi.

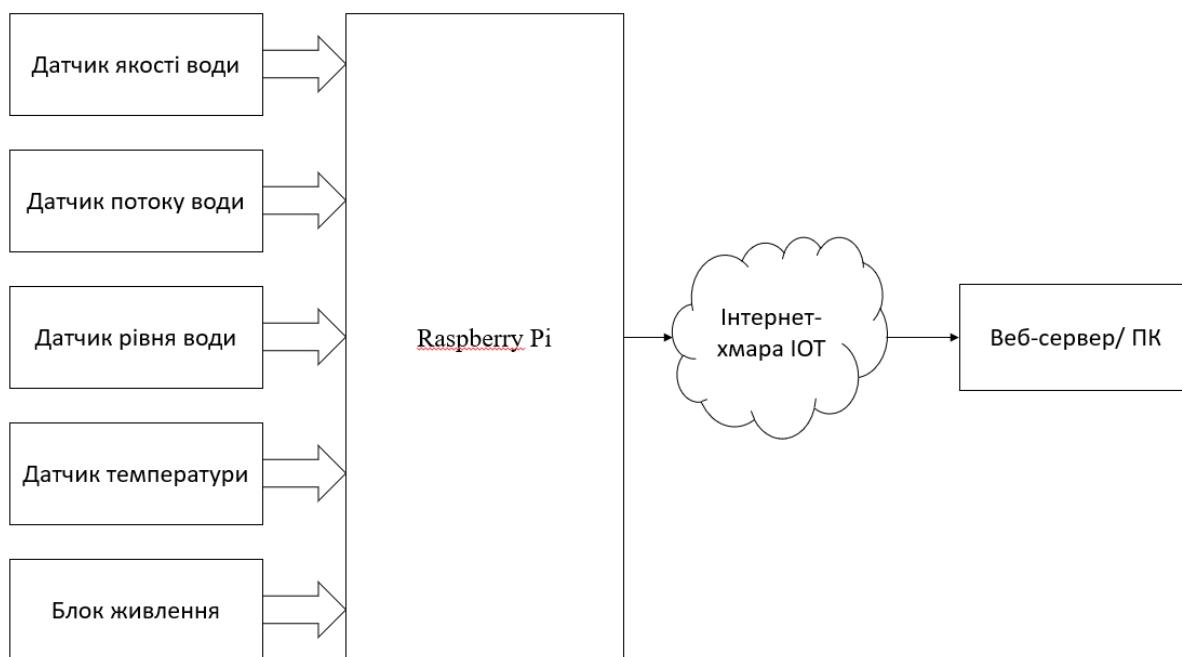
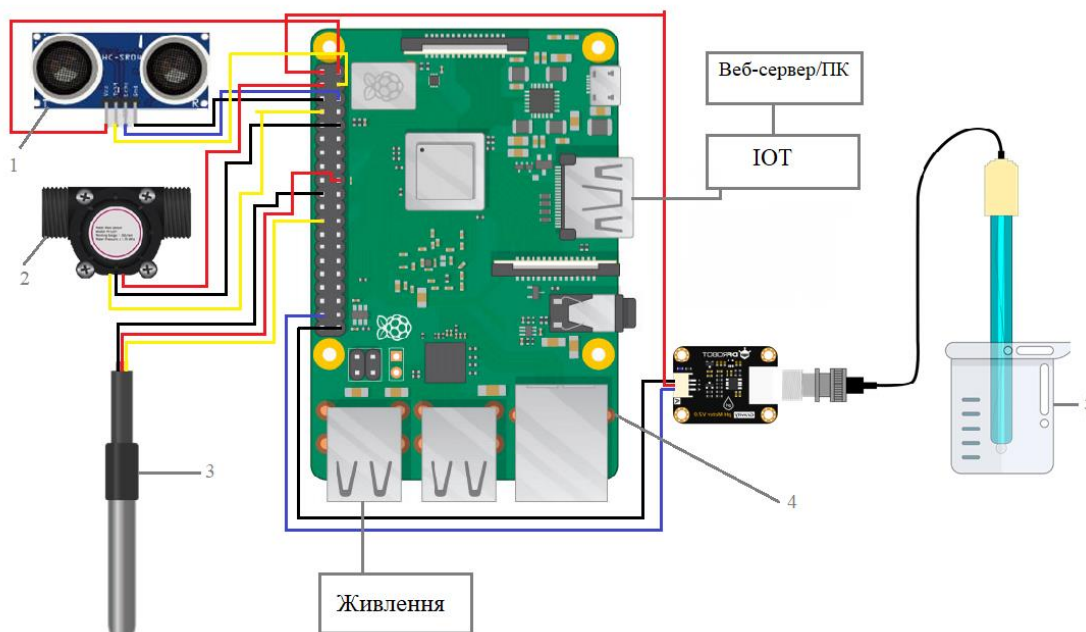


Рис. 6.1 Загальна блок-схема системи.

Пристрій складається з декількох датчиків для вимірювання параметрів температури, Ph, провідності, рівня води, потоку вод. Дані з датчиків надсилаються безпосередньо на Raspberry Pi. Таким чином запропонована система отримує дані з датчиків і обробляє їх, поміщає дані в текстовий файл, який передається в ІОТ. Для передачі даних на ІОТ, створюється шлюз на Raspberry pi використанням протоколу FTP (file transfer protocol). У запропонованій системі, для моніторингу оброблених даних в мережі Інтернет використовується технологія хмарних обчислень, яка забезпечує персональний локальний сервер. У хмарних обчисленнях виділяється окрема IP-адреса, яка дає можливість моніторингу даних з будь-якої точки світу за допомогою Інтернету.

На рисунку 6.2. показано схема з'єднання та роботи датчиків рівня води, рН, витрати води та температури до Raspberry Pi 0W через піни GPIO.



- 1- Ультразвуковий датчик hc-sr04, 2- датчик витрати води YF-S201, 3- датчик температури DS18B20, 4 - Raspberry Pi 0W, 5 датчик рН V2

Рисунок 6.2 Схема роботи датчиків з Raspberry Pi 0W

6.1. Опис датчиків

6.1.1. Датчик якості води

Вимірювач рН використовується для перевірки якості води на предмет того, чи безпечна вода для пиття. Збалансований рівень рН дуже важливий для здоров'я людини; він повинен бути приблизно дорівнює 7. Дає повний діапазон показників рН від 1,0 до 14,00. [17]

У даній роботі був вибраний рН – метр V2 від DFRobot Gravity. До нього входить датчик рН, а також плата перетворення сигналу рН . На рисунку 6.3. показаний рН – метр. А у таблиці 6.1. наведена його специфікація.



Рисунок 6.3 pH – метр V2 [17]

Таблиці 6.1. Специфікація pH – метра V2 від DFRobot Gravity

Загальна	Робоча напруга	5,0 В
	Тип роз'єму	PH2.0-4P
	Протокол інтерфейсу	I2C
	Рівень сигналу інтерфейсу	високий 3,3 В, низький 0 В
Сторона контролера (без ізоляції)	Напруга живлення	$5,0 \pm 0,15$ В
	Струм холостого ходу	15 мА
Сторона модуля (сторона ізоляції)	Вихідна напруга	$5,0 \pm 0,15$ В
	Вихідний струм	150 мА (МАКС.)

6.1.2. Датчик температури

Пристрій, який видає вимірювання температури у вигляді електричний сигнал, називається датчиком температури. Цей електричний сигнал буде у вигляді електричної напруги і пропорційний вимірюванню температури. В даному проекті використовується датчик DS18B20 [18], який наведений на рисунку 6.4, та його специфікація наведена у таблиці 6.2.



Рисунок 6.4 Температурний датчик DS18B20 [18]

Таблиці 6.2. Специфікація температурного датчика DS18B20

Матеріал	нержавіюча сталь
Напруга робочого струму	3V - 5.5V
Шкала вимірювання температури	-55 °C - + 125 °C
Точність вимірювання	0,5 °C (-10 °C - +85 °C)
Регульована роздільна здатність	від 9 до 12 біт
Роздільна здатність	12 біт

6.1.3. Датчик рівня води

Датчик рівня води допоможе нам вирішити, чи є у нас достатню кількість води для подачі. Було вирішено використовувати ультразвуковий датчик HC-SR04 (рисунок 6.5). Ультразвукова хвиля від датчика, і відстань до цілі визначається шляхом обчислення часу, необхідного для повернення ехо-сигналу. [19] Датчик випромінює високочастотний імпульс, зазвичай в діапазоні від 20 кГц до 200 кГц, а потім прослуховує відлуння. Імпульс передається у вигляді конуса, зазвичай з кутом нахилу вершини близько 6° . У таблиці 6.3. наведена специфікація датчика.



Рисунок 6.5 Датчик рівня води HC-SR04 [19]

Таблиця 6.3. Специфікація датчика рівня води HC-SR04

Напруга живлення модуля	5 В постійного струму DC
Струм спокою	< 2 мА
Споживаний струм	від 10 до 40 мА
Робоча частота	40 кГц
Кут поширення	< 15°
Максимум чутливості в секторі	30°
Діапазон вимірюваної відстані	від 2 до 450 см
Роздільна здатність	0.2 см
Вхідний сигнал запуску	10 мкс

6.1.4. Датчик витрати води

Датчик потоку YF-S201 (рисунок 6.6.) є пристроєм, який використовує ефект Холла для вимірювання об'єму та швидкості потоку речовини. Згідно з ефектом Холла, коли провідник з електричним струмом розміщується в магнітному полі, що перпендикулярне напрямку струму, виникає електричне поле в перпендикулярному провіднику. Датчик використовує цей принцип для вимірювання потоку речовини. [20] У таблиці 6.4. наведена специфікація датчика.



Рисунок 6.6 Датчик витрати води YF-S201 [20]

Таблиця 6.4. Специфікація датчика витрати води YF-S201

Робоча напруга	5 до 18 В DC
Максимальний струм	15mA 5В
Тип виходу	5V
Діапазон роботи датчика	від 1 до 30 л/хв
Діапазон робочих температур	від -25 до + 80 °C
Точність	± 10%
Імпульси на літр	450
Довговічність	300000 циклів

6.1.5. Мікроконтролер

В якості мікроконтролера використовується Raspberry Pi Zero W (рисунок 6.7.) в цій системі, він має 40 цифрових входів/виходів, які будемо використовувати для підключення датчиків - датчика рН, ультразвукового датчика, датчика витрати води, датчика температури та електромагнітних клапанів і можуть бути використані як виходи, USB-роз'єм і роз'єм живлення. [21]

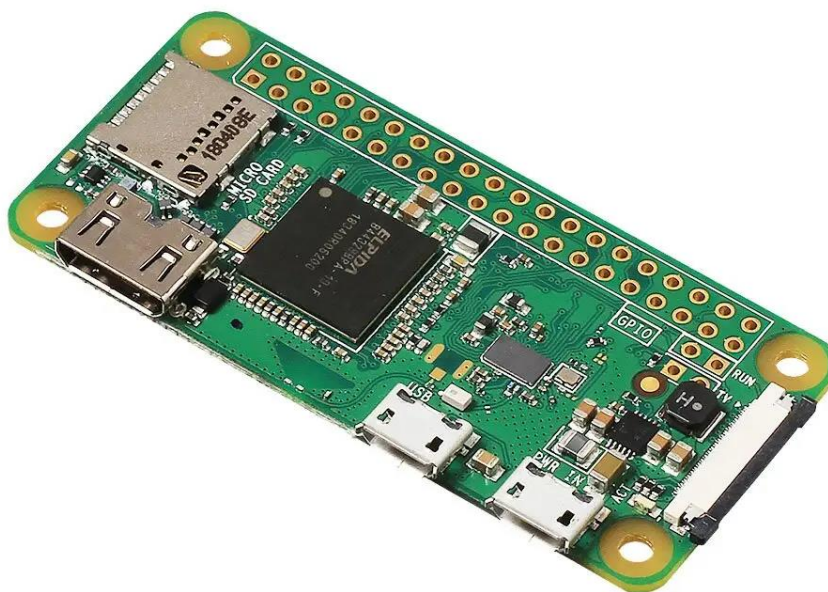


Рисунок 6.7 Raspberry Pi Zero W [21]

Raspberry Pi Zero — це комп'ютер з розмірами всього 66,0 мм х 30,5 мм х 5,0 мм, приблизно як флеш-накопичувач USB, Pi Zero досить малий, щоб його можна було вставити в проект. На Raspberry Pi Zero працює та сама ОС і програмне забезпечення Raspberry Pi, що й на великих Pis, таких як Raspberry Pi 4, хоча менша плата не може працювати з новою 64-розрядною версією ОС. Можливо, це лише одноядерна машина, але Pi Zero має достатньо потужності, щоб виконувати роботу. У таблиці 6.5. наведена його специфікація.

Перевага Raspberry Pi Zero полягає в тому, що це малопотужний комп'ютер. Через інтерфейс живлення micro USB Він працює при напрузі 5,2 В. При підключенні до Wi-Fi він споживає близько 200 мА, що в цілому становить 1 Вт!

Підключений до Інтернету комп'ютер з ОС Linux, що використовує 1 Вт електроенергії. Оскільки Raspberry Pi Zero W споживає дуже мало електроенергії, ми можемо легко запускати Pi від акумуляторної батареї USB, що дозволяє проектам «виходити з мережі».

Таблиця 6.5. Специфікація Raspberry Pi Zero

Чіп	Broadcom BCM2835
Процесор CPU	ARM1176JZ-F
Графічний співпроцесор GPU	VideoCore IV
Оперативна пам'ять	512 МБ
Порти	Mini, HDMI і Micro USB
Живлення	Micro USB
Піни входу та виходу	40-піновий роз'єм GPIO

6.1.5.1. Піни входу та виходу

Вхід /вихід загального призначення (GPIO) — це незакріплений контакт цифрового сигналу на платі інтегральної схеми або електронної схеми, який можна використовувати як вхід або вихід, або обидва, і ним керує програмне забезпечення. [22]

Ідентифікатори GPIO не мають попередньо визначеного призначення та не використовуються за замовчуванням. Якщо використовується, мета та поведінка GPIO визначається та реалізується розробником схеми вищого рівня складання: розробником друкованої плати у випадку інтегральних схем GPIO або системним інтегратором у випадку плати GPIO рівня. На рисунку 6.8. зображено вигляд GPIO.

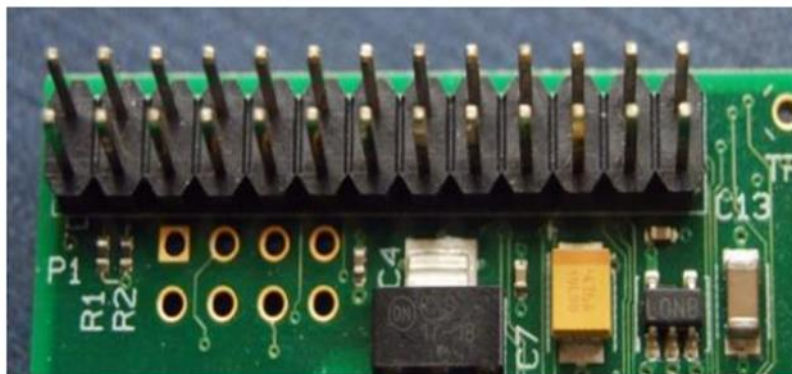


Рисунок 6.8 GPIO [22]

GPIO використовується в:

- Чіпи з декількома контактами: мікросхеми, SoC, вбудоване та спеціальне обладнання, програмовані логічні пристрої (наприклад, FPGA)
- Багатофункціональні чіпи: менеджери живлення, аудіокодеки, відеокарти.
- Вбудовані програми активно використовують GPIO для зчитування різних датчиків навколишнього середовища (ІЧ, відео, температура, 3-осьова орієнтація, прискорення), а також для надсилання виходу на двигуни постійного струму (через ШІМ), аудіо , РК- або світлодіодні дисплеї для відображення стану.

6.2. Алгоритм роботи системи для моніторингу води

Після отримання даних з датчиків, Raspberry Pi виконує роль центрального контролера, який обробляє та аналізує ці дані. Використовуючи програмне забезпечення та програми, розроблені на Raspberry Pi, можна здійснювати різні операції з цими даними, наприклад, фільтрування, агрегування або обчислення показників.

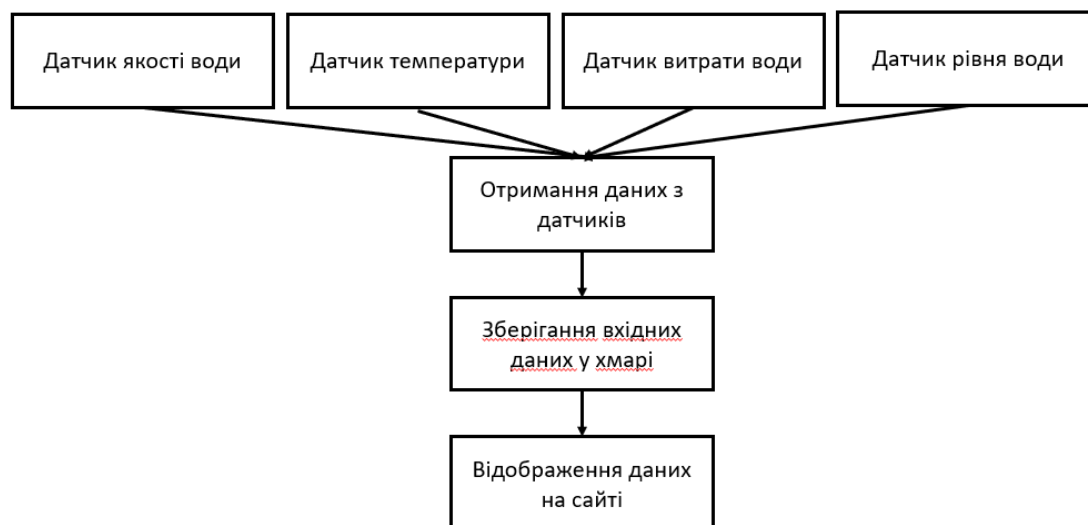


Рисунок 6.9 Модель роботи системи для моніторингу води

Після обробки Raspberry Pi передає дані на хмарне сховище. Це може бути хмарна платформа або сервіс, який забезпечує зберігання та обробку даних в хмарному середовищі. Передача даних на хмару дозволяє зберігати дані в безпечному та доступному місці, а також забезпечує можливість подальшої обробки та аналізу даних на різних пристроях або платформах.

Крім того, збережені дані використовуються для візуалізації на веб-сайті. За допомогою веб-програмування та інтерфейсу користувача, розробленого для сайту, дані можуть бути відображені у зручному та зрозумілому форматі. Це дозволяє користувачам моніторити та аналізувати дані в режимі реального часу, отримувати сповіщення або виконувати дії на основі цих даних.

Такий підхід до збору, обробки та відображення даних дозволяє використовувати Raspberry Pi як центральний елемент в системі моніторингу, контролю або автоматизації. Він забезпечує зручну та гнучку платформу для обробки та використання даних з датчиків, а також можливість дистанційного доступу та управління цією системою через веб-інтерфейс.

Висновок до розділу 6

Запропоновані структури для моніторингу води є простими і легкими для реалізації. Вони використовують елементну базу, яка складається з простих, компактних, доступних за ціною та надійних електронних компонентів. Це забезпечує зручність у зборі та заміні компонентів у разі потреби. Користувачам буде легко зрозуміти ці структури і вони зможуть ефективно використовувати їх для моніторингу води. Крім того, простота структур дозволяє швидко виконувати ремонтні роботи або модернізувати систему, якщо з'являться нові вимоги або технології.

ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ ТА ВИСНОВКИ

За результатами виконання практики мною почато роботу над виконанням дипломної роботи на тему «Мікросистема для екологічного моніторингу».

У виконаній роботі була проаналізована ситуація з моніторингом води в Україні. Виявлено, що ефективний моніторинг води є важливим завданням для забезпечення сталого використання та охорони водних ресурсів.

Для забезпечення точного і надійного моніторингу води була запропонована блок-схема системи, яка включає в себе кілька компонентів: сенсор рівня води, датчик якості води, датчик потоку води та датчик температури.

В якості рекомендованого датчика рівня води був вибраний ультразвуковий датчик, оскільки він має численні переваги, включаючи високу точність, широкий діапазон вимірювання, мінімальне обслуговування та стійкість до зовнішніх умов. Ультразвуковий датчик рівня води може бути інтегрований з мікроконтролером, наприклад, Raspberry Pi 0W, що дозволяє збирати, аналізувати та передавати дані про рівень води у реальному часі.

Пророблена робота наголошує на важливості моніторингу води та використанні сучасних технологій, для забезпечення точного та ефективного контролю за водними ресурсами. Дані, отримані з такої системи моніторингу, можуть бути використані для прийняття обґрунтованих рішень щодо водного управління, водоочищення, а також для виявлення потенційних проблем з якістю води та рівнем водостоку. Це дозволяє забезпечити ефективну охорону довкілля та збереження водних ресурсів.

Використання блок-схеми системи моніторингу води, забезпечує комплексний підхід до збору та аналізу даних про стан водних ресурсів. Це дозволяє отримувати інформацію про рівень води, її якість, витрату та температуру, що допомагає в розумінні динаміки змін та виявленні потенційних проблем.

Запропонована система створена з використанням різних датчиків, Raspberry Pi 0W як контролера та хмари для зберігання даних з Raspberry Pi та

надсилання команди на Raspberry Pi для вимірювання якості води та рівня води. Згенеровані дані можна переглянути за допомогою веб-інтерфейсу по всьому місту. Перевагою системи є забезпечення належного водопостачання якісною водою до кожного будинку, підприємства та інших об'єктів. Запропонована модель може бути реалізована як частина «розумного міста»

Перелік посилань

1. Степова О.В., Рома В.В. Моніторинг поверхневих вод: навчальний посібник, Полтава, 2017, 82 с.
2. Клименко М. О., Прищепя М. А., Вознюк Н. М. Моніторинг довкілля: навчальний посібник, Київ: Академія, 2006, 232 с.
3. Ковальчук І.П., Курганевич Л.П. Гідроекологічний моніторинг: навчальний посібник, Львів, 2009, 254 с.
4. Моніторинг поверхневих вод, Державне агентство водних ресурсів України, 2020, URL: <https://www.davr.gov.ua/monitoring-poverhnevih-vod1> (дата звертання 28.04.2023)
5. Моніторинг екологічного стану підземних вод, сайт Львівського нац. університету ім. Івана Франка
URL:<https://geology.lnu.edu.ua/wp-content/uploads/2020/05/Tema-8.docx> (дата звертання 28.04.2023)
6. Клименко, М. О., Клименко, О. М., Петрук, А. М. Гідроекологічний моніторинг водних екосистем з огляду на сучасні європейські напрями у природоохоронній діяльності. Вісник Полтавської державної аграрної академії, 2013, 22-27.
7. Басманов Є. І. Загальна гідрологія: конспект лекцій, Харків, 2004, 78 с.
8. Попов А.І. Моніторинг забруднення поверхневих вод: конспект лекцій, Розділ 9, Львів, 2018, 30 с.
9. S. Wadekar, V. Vakare, R. Prajapati, S. Yadav and V. Yadav, Smart water management using IOT, 2016 5th International Conference on Wireless Networks and Embedded Systems (WECON), Rajpura, India, 2016, pp. 1-4, doi: 10.1109/WECON.2016.7993425.
10. SHAH, Joy. An internet of things based model for smart water distribution with quality monitoring. Int. J. Innov. Res. Sci. Eng. Technol, 2017, 6.3: 3446-3451.
11. Ntambi, F., Kruger, C. P., Silva, B. J., & Hancke, G. P. (2015, September). Design of a water management system. In AFRICON 2015 (pp. 1-5). IEEE.

- 12.Зорі А. А., Тарасюк В. П., Штепа О. А. Сучасні мікроконтролери. Теорія і практика використання стандартних модулів Arduino: навчальний посібник, Донецьк, 2017, 264 с.
13. KUSHNER David. The making of arduino. IEEE spectrum, 2011, 26, 1-7.
14. Raspberry Pi — повноцінний комп'ютер за 10\$, Токар Н.// Tokar.ua, 2017.
URL:<https://tokar.ua/read/16608/raspberry-pi-povnotsinnyy-kompiuter-za-10/>
(дата звертання 10.05.2023)
- 15.TEJA, Ravi. What are the differences between Raspberry Pi and Arduino. Electronics Hub, 2021.
- 16.Gravity: Аналоговый датчик/измеритель pH V2 от DFRobot, Arduino.ua
URL:<https://arduino.ua/ru/prod3490-gravity-analogovii-datchikizmeritel-ph-v2-ot-dfrobot> (дата звертання 12.05.2023)
- 17.Датчик температури DS18B20, rcscomponents.ua,
URL:https://www.rcscomponents.kiev.ua/product/datchik-temperaturi-ds18b20-z-kabelem-1m-2-line-rezhim-ne-pidtrimuyetsya_113610.html (дата звертання 12.05.2023)
- 18.Ультразвуковой датчик расстояния HC-SR04, Arduino.ua
URL:<https://arduino.ua/ru/prod182-yltrazvykovoi-datchik-rasstoyaniya-hc-sr04>
(дата звертання 12.05.2023)
- 19.WaterFlowSensor-YF-S201, kosmodrom.com.ua,
URL:<http://www.kosmodrom.com.ua/el.php?name=WaterFlowSensor-YF-S201>
(дата звертання 13.05.2023)
- 20.Raspberry Pi: Raspberry Pi Zero W, raspberrypi.com,
URL:<https://www.raspberrypi.com/products/raspberry-pi-zero-w/> (дата звертання 15.05.2023)
- 21.GPIO, Вікіпедія,
URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/GPIO> (дата звертання 15.05.2023)