Державний вищий навчальний заклад
«Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника»
Фізико-технічний факультет
Кафедра комп’ютерної інженерії та електроніки

Луців Дмитро Михайлович
Lutsiv Dmytro

УДК 004:42

Спеціальність 123 «Комп’ютерна інженерія»

Кваліфікаційна робота
на здобуття освітнього ступеня магістр

# Розробка апаратно-програмного комплексу моніторингу якості води

# Development of hardware and software complex for water quality monitoring

Науковий керівник:
к.т.н., доцент Грига В.М.
Рецензент:
к.ф.-м.н., проф. Никируй Л.І.

Івано-Франківськ
2021

| Формат | Поз. | Позначення | Найменування | К-ть | Прим. |
|---|---|---|---|---|---|
| А4 | | | Схема підключення пристрою | *1* | |
| А4 | | *123.УДК:004.42* | Пояснювальна записка | 88 | |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| *Змн.* | *Арк.* | *№ докум.* | *Підпис* | *Дата* | 123.УДК:004:42 |
| *Розробив* | | Луців Д. М. | | | Специфікація |
| *Перевірив* | | Грига В. М. | | | |
| | | | | | |
| *Н. Контр.* | | | | | |
| *Затвердив* | | | | | |

| *Літ.* | *Арк.* | *Аркушів* |
|---|---|---|
| | *2* | *1* |

# АНОТАЦІЯ

В магістерській роботі спроектовано та розроблено пристрій для моніторингу стану водних ресурсів. Для достатньої автономності в його роботі використовується принцип “Інтернет речей” (IoT). Пристрій базується на основі мікроконтролера Arduino Mega 2560. Для аналізу параметрів води вибрано наступні давачі: pH, мутності, температурний та мінералізації.

Для пристрою було спроектовано і розроблено давач мінералізації, що визначає рівень розчинених сольових та мінеральних домішок в рідинах. Цей показник також відповідає за смакові якості води, по ньому можна зрозуміти важка вона чи ні.

Результат таких вимірювань відправляється на сервер і відображається на веб-сайті. Для його розробки основними використовуються такі основні технології як Django REST Framework та React.js.

В роботі описано метод обробки даних для створення власного давача. Проаналізовано аналоги існуючі на ринку. Підібрано необхідні комплектуючі для правильної роботи пристрою.

Результатом роботи є готовий пристрій, прошивка для нього, веб-сайт для відображення та редагування результатів вимірювання.

# ABSTRACT

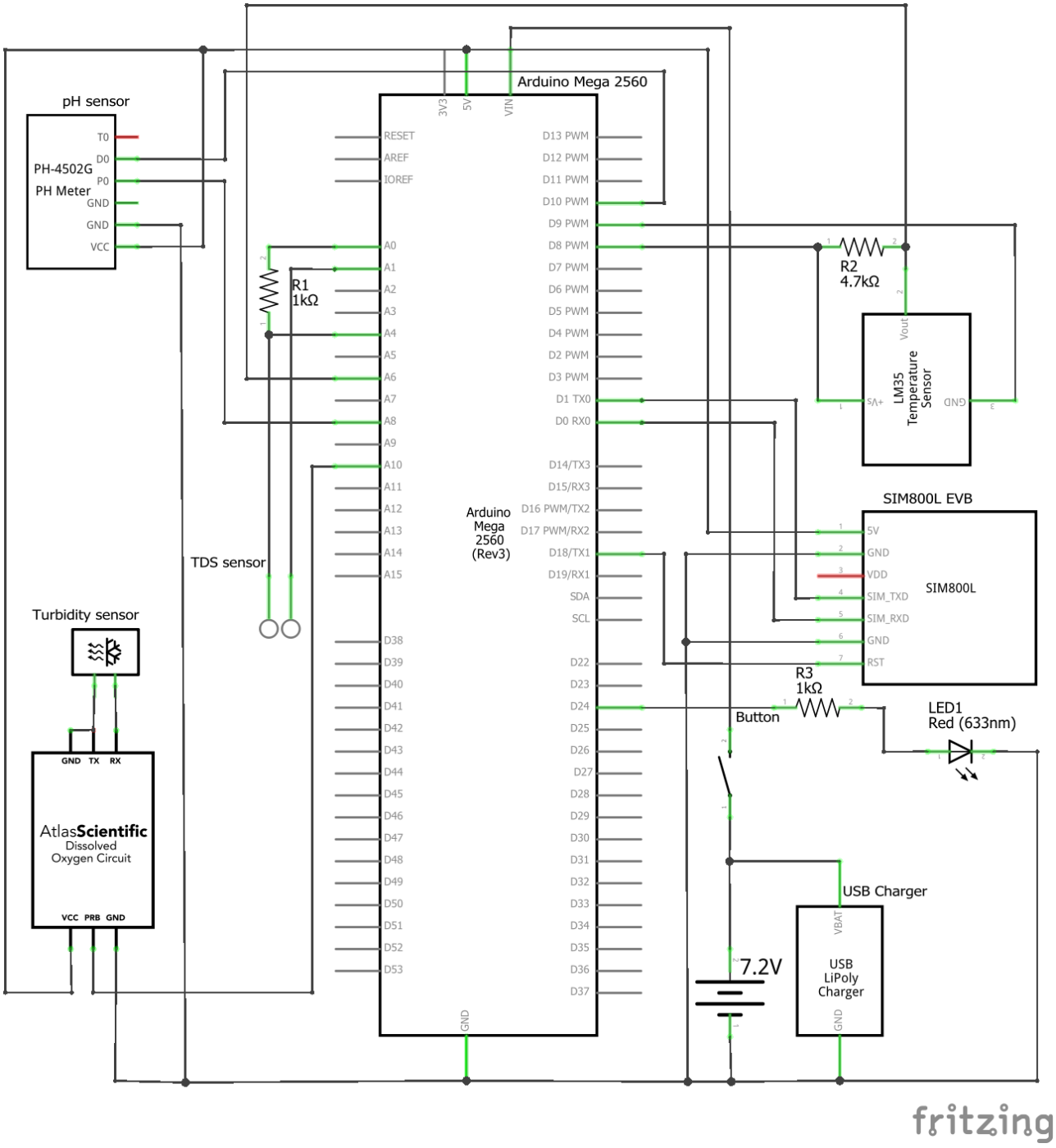
In the master's thesis has designed and developed device for monitoring the state of water resources. For sufficient autonomy in its work has used the principle of the Internet of Things (IoT). The device is based on the Arduino Mega 2560 microcontroller. Sensors for analysis of water parameters are pH, turbidity, temperature and mineralization.

A mineralization sensor was designed and developed for the device, which determines the level of dissolved salt and mineral impurities in liquids. This indicator is also responsible for the taste of water, it can be understood whether it is heavy or not.

The result of measurements sends to the server and displays on the website. Basic technologies such as Django REST Framework and React.js are mainly used for its development.

The thesis describes method for data processing to create your own sensor. Analyzed similar devices available on the market. The necessary accessories for the correct operation of the device are selected.

The result is a ready-made device, firmware for it, a website for displaying and editing measurement results.




| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | 123.УДК:004:42 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Розробив | | Луців Д.М. | | | Схема підключення пристрою | Літ. | Арк. | Аркушів |
| Перевірив | | Грига В.М. | | | | | 5 | 1 |
| | | | | | | | | |
| Н. Контр. | | | | | | | | |
| Затвердив | | | | | | | | |

Пояснювальна записка

до магістерської роботи

на тему:

**«Розробка апаратно-програмного комплексу моніторингу якості води»**

ЗМІСТ

ВСТУП……9
1. АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ …….....11
1.1.Водні ресурси……11
1.1.1. Роль води в житті людей…….....13
1.1.2. Характеристика водних ресурсів планети…….....14
1.2.Фізичні та хімічні характеристики води..…….……..16
1.2.1. Структура молекули води……...18
1.2.2. Термальні характеристики і фази…….……..20
1.2.3. Щільність…….....21
1.2.4. Окислюваність……..23
1.2.5. Жорсткість……23
1.2.6. Кислотність……24
1.2.7. Мінералізація……27
1.3. Системи контролю якості води……28
1.3.1. Аналіз існуючих систем..…….……...……29
2. ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ АПАРАТНИХ ТА ПРОГРАМНИХ ЗАСОБІВ……...32
2.1. Платформа Arduino……...32
2.1.1. Середовище розробки……...34
2.1.2. Вибір апаратного рішення та його переваги..……...36
2.1.3. Давачі для аналізу…….....40
2.1.4. Передача даних……48
2.2. Проектування веб-сайту……..52
2.2.1. Технології для розробки бекенду сайту……53
2.2.2. Технології для розробки фронтенду сайту…….……....55
2.3. Сфери застосування…….....57
3. РЕАЛІЗАЦІЯ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ЯКОСТІ ВОДИ…….……....58

3.1.Алгоритм роботи пристрою…….59
3.2. Реалізація апаратної частини пристрою……....63
3.2.1. Проектування, розробка і прошивка сенсору мінералізації…63
3.2.2. Складання схеми і з’єднання компонентів…….……..68
3.2.3. Принципова електрична схема пристрою…….70
3.2.4. Прошивка пристрою……71
3.2.5. Інсталяція схеми в корпус……...72
3.3. Реалізація Веб-сайту……75
4. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА …….78
4.1. Оцінювання комерційного потенціалу розробки……..78
4.2. Розрахунок витрат на комплектуючі пристрою……...79
ВИСНОВКИ……..82
СПИСКИ ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ……..83
ДОДАТКИ…….85

# ВСТУП

Якість водних ресурсів – це важливе питання сучасного суспільства. Ріки, озера та інші водойми все більше забруднюються із збільшенням чисельності людей і промислового виробництва. Для моніторингу якості води потрібно використовувати портативні автономні пристрої, або перевіряти зразки рідин в лабораторіях. Розвиток бездротового зв’язку створює нові можливості для сфери розробки і використання малорозмірних сенсорів. Такі сенсори мають колосальні можливості для екологічних застосувань. Інтернет речей (IoT) дозволяє підключатися між різними пристроями з можливістю обміну та збору даних. IoT також розширює свої можливості на екологічні проблеми допомагаючи галузі автоматизації.

Оскільки вода є однією з основних потреб людського виживання, необхідно включити певний механізм для моніторингу якості води в певні проміжки часу. Моніторинг якості води — це економічно вигідна та ефективна система, призначена для контролю якості питної води, яка використовує технологію Інтернету речей (IoT). У цій роботі запропонована система складається з кількох сенсорів для вимірювання різних параметрів, таких як значення pH, мутність води, температура та рівень мінералізації. А також мікроконтролер з'єднаний з цими сенсорами і подальша обробка виконується на віддаленому сервері. Отримані дані надсилаються в хмару і переглянути їх можна на розробленому веб-сайті.

**Метою роботи** є розробка пристрою для аналізу води, програмної частини для нього, веб-сайту для редагування та відображення результатів вимірювання.

Для досягнення поставленої задачі потрібно вирішити такі задачі:

- проаналізувати існуючі на ринку пристрої по аналізу якості води або рідин;
- вибрати оптимальну кількість сенсорів для переліку вихідних даних;

– підібрати відповідний мікроконтролер, що забезпечує надійну роботу для сенсорів і продуктивність вимірювання;
– проаналізувати основні способи обробки отриманих аналогових даних;
– спроектувати і розробити власний точний сенсор для вимірювання рівня мінералізації;
– проаналізувати і спроектувати структуру пристрою для встановлення усіх комплектуючих в корпус;
– розробити програмне забезпечення для правильної і точної роботи сенсора мінералізації;
– розробити програмне забезпечення для роботи пристрою;
– спроектувати структуру веб-сайту;
– розробити програмне забезпечення серверу та сайту і їх взаємодію з пристроєм.

**Об'єкт дослідження:** система аналізу води на базі Arduino Mega та веб-сайт.

**Предмет дослідження:** аналіз фізичних і хімічних параметрів води та передача отриманих даних за допомогою GSM мережі на сервер веб-сайту.

# 1. АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ

## 1.1. Водні ресурси

Вода - це другий на рівні з повітрям найбільш важливий ресурс для існування всього живого. Її потребує кожна органічна істота як на поверхні планети, так і під землею. Наявність прісної води критично важлива для підтримки людської діяльності та збереження природних екосистем.

Водні ресурси – це усі придатні для використання води на планеті Земля. До них відносяться: морські, озерні, річкові, водосховища, підземні та ґрунтові води, полярні та гірські льодовики, тобто вся вода гідросфери. Гідросфера складається з газоподібної, рідкої та твердої води Землі та складається з кількох відділень, які включають океан, прісноводні озера та ставки, струмки, водно -болотні угіддя, вологість ґрунту, водяну пару тощо (табл. 1.1). Океан має об'єм близько 1,3 млрд км$^3$ і складає 97,4% води Землі.

Залишок води [1] - 2,6% - близько 36 млн км$^3$ - міститься в кількох прісноводних частинах гідросфери. Найбільша частина прісної води Землі зв’язана льодом, зустрічається у вигляді глибоких ґрунтових вод, жодна з яких часто не може бути використана з користю. Кількість прісної води, доступної для використання людиною в будь-який конкретний час - це неглибокі ґрунтові води, вода в озерах, потічки, річки і невеликі струмки, а також створені людиною водойми, які захоплюють і зберігають річковий стік. Значна частина наявної прісної води або недоступна, або не є стійкою для використання людиною.

Таблиця 1.1

Розмір океанів та різних джерел прісної води

| Порівняння | Об’єм (км3) | Пропорція (%) | Час відновлення |
|---|---|---|---|
| Океани | 1348000000 | 97,40 | 37000 р |
| Прісна вода | | | |
| Полярний лід та айсберги | 27818000 | 2,01 | 16000 р |
| Підземні води (800- | 4447000 | 0,32 | - |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 4000м) | | | |
| Підземні води (до 800м) | 3551000 | 0,26 | 300 р |
| Озера | 126000 | 0,009 | 1-100 р |
| Волога в грунті | 611000 | 0,004 | 280 д |
| Атмосфера (водяна пара) | 14400 | 0,001 | 9 д |
| Річки | 1070 | 0,00008 | 12-20 д |
| Рослини, тварини, люди | 1070 | 0,00008 | - |
| Гідратовані мінерали | 360 | 0,00002 | - |
| Уся прісна вода | (36020000) | (2,60) | - |

Кількість води, що потрапляє в певний час у частину гідросфери, безпосередньо не залежить від кількості води, доступної з цієї частини для екологічного або людського використання. Причина цієї розбіжності пов'язана з часом відновлення (обороту) води у певній ділянці гідросфери (табл. 1.1).

Обсяг води в атмосфері становить близько 14 400 км$^3$, але час відновлення водяної пари становить лише 9 днів[2]. Якби всю водяну пару можна було миттєво видалити з атмосфери, її було б повністю відновлено через 9 днів. Воду в атмосфері можна переробити 150000000 разів протягом 37 000-річного періоду оновлення океану. Кількість води, що проходить через атмосферу за 37 000 років, становить 21 600 000 000 км$^3$ або приблизно в 16 разів перевищує об'єм океану. Опади та його види прямо чи опосередковано підтримують інші компоненти гідросфери.

Вода необхідна для життя і є основною складовою живих істот. Бактерії та інші мікроорганізми зазвичай містять близько 90–95% води; трав'янисті рослини на 80–90% складаються з води; дерева та рослини зазвичай складаються на 50–70% з води. У людей приблизно дві третини

води, і більшість інших наземних тварин містять подібну пропорцію. Водні істоти зазвичай складаються на три чверті з води.

Вода важлива фізіологічно. Вона відіграє важливу роль у контролі температури організмів. Це внутрішній розчинник газів, мінералів, органічних поживних речовин та відходів обміну речовин.

Речовини переміщуються між клітинами та всередині тіл організмів через рідини, що складаються здебільшого з води. Вода є реагентом у біохімічних реакціях, структура і жорсткість клітин залежить від води, також вона має важливе значення для видільних функцій.

### 1.1.1. Роль води в житті людей

Вода необхідна для виробництва майже всіх товарів та послуг і має вирішальне значення для виробництв а їжі та клітковини через сільське господарство, переробку сільськогосподарських культур та побутові потреби, такі як приготування їжі, прання одягу та особисті потреби.

Ранні поселення людей розвивалися в районах із надійними запасами води з озер або струмків. Люди поступово навчились користуватися підземними запасами води, зберігати і транспортувати воду, зрошувати урожаї. Це дозволило людям поширитися в раніше сухі та непридатні для проживання райони, і навіть сьогодні приріст населення в певному районі залежить від наявності води.

Водні об’єкти надають людям зручний спосіб пересування та транспортування вантажів. Значна частина світової торгівлі залежить від морського судноплавства, який є недорогим способом перевезення сировини та промислової продукції між континентами та країнами. Внутрішні водні шляхи також важливі як для міжнародних, так і для внутрішніх судноплавств. Водні об’єкти важливі для рекреаційних занять, таких як спортивна риболовля, плавання та катання на човнах, і вони мають велику

естетичну привабливість для людей, які розмірковують про природу. Водні об'єкти стали важливим аспектом ландшафтної архітектури.

### 1.1.2. Характеристика водних ресурсів планети

Одна з найбільш часто цитованих статистичних даних по наявності води [3] показує, що лише близько 2,5% води на Землі є прісною. В свою чергу вода яка доступна для підтримки людського життя, сільського господарства та більшості не океанічних форм життя складає тільки 30,1% і являє собою підземні води, які зберігаються глибоко під землею і не відновлюються.

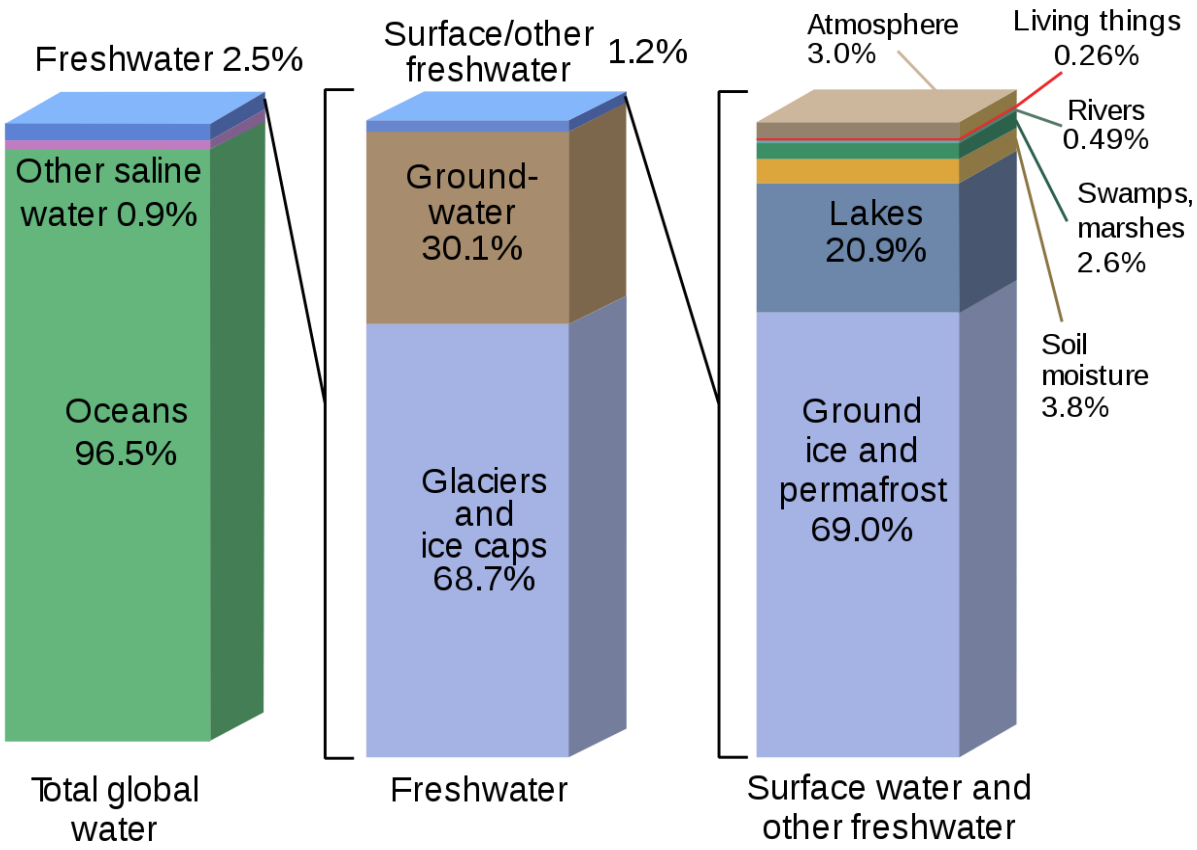



Рис. 1.1. Розподілення води на планеті.

Занепокоєння з боку попиту виникає через наступні фактори:

- Зростаюча кількість людей на планеті географічно зосереджена в регіонах, які не можуть підтримувати достатній рівень попиту.

- Технології, які витрачають більше води, ніж альтернативні, недостатнє регулювання надмірного використання водних ресурсів.
- Негативні наслідки зміни клімату породжуватимуть невизначеність щодо наявності та потреб у воді

Проблеми із запасами води можуть початись в 2025 році, а це означає, що від тоді приблизно половина людства можуть не мати доступу до безпечної і доступної води для їхніх базових потреб.

У той же час, коли люди вчилися здійснювати певний контроль над кількістю води, яка їм доступна, вони виявили, що різні води мають різні якості, такі як тепло, колір, смак, запах тощо. Вони відзначали, як ці якості вплинули на придатність води для певних цілей. Солона вода не підходила для споживання людиною та худобою чи зрошення. Чиста вода перевершувала каламутну воду для побуту. Деякі води спричиняли хворобу або навіть смерть, споживані людьми чи худобою. Концепції кількості води та якості води розроблялися одночасно, але протягом більшої частини людської історії було небагато способів оцінити якість води, крім сенсорного сприйняття та спостереження за її впливом на живі істоти та використання води.

Будь-які фізичні, хімічні або біологічні властивості води, які впливають на природні екологічні системи або впливають на використання водою людиною, є змінною якістю води. Існує буквально сотні змінних якості води, але для певного використання води, як правило, цікавлять лише кілька змінних. Стандарти якості води були розроблені, щоб слугувати керівними принципами для вибору запасів води для різних цілей та захисту водних об'єктів від забруднення.

Якість питної води - це питання здоров’я. У питній воді не повинно бути надмірної концентрації мінеральних речовин, вона не повинна містити токсинів і не повинна містити хвороботворних організмів. Люди вважають за краще, щоб питна вода була чистою, без поганого запаху чи смаку. Норми

якості води також встановлені для купальних та рекреаційних вод, а також для вод, в яких культивують або ловлять молюсків. Хвороби можуть поширюватися через контакт із водою, забрудненою патогенами. Устриці та деякі інші молюски можуть накопичувати патогени або токсичні сполуки з води, роблячи ці організми небезпечними для споживання людиною. Вода для худоби не повинна бути такою, як питна вода, але вона не повинна спричиняти хвороби або смерті у тварин.

Надмірна концентрація мінеральних речовин у зрошувальній воді має несприятливий осмотичний вплив на рослини, і зрошувальна вода також не повинна містити фітотоксичних речовин. Вода для промисловості також повинна бути належної якості для цілей, для яких вона використовується. Для деяких процесів може знадобитися надзвичайно якісна вода, і навіть живильна вода котла не повинна містити надмірно зважених твердих речовин або високої концентрації карбонатної твердості. Тверді речовини можуть осідати в водопровідних системах, а карбонат кальцію може осідати, утворюючи нагар. Кислі та солоні води можуть спричинити сильну корозію металевих предметів, з якими вони контактують.

## 1.2. Фізичні та хімічні характеристики води

Чиста вода рідко зустрічається в природі. Дощова вода містить розчинені гази та сліди мінеральних та органічних речовин, що походять від пилу, продуктів згоряння та інших речовин в атмосфері. Коли дощові краплі падають на землю, їх вплив витісняє частинки ґрунту, а проточна вода розмиває і підвішує частинки ґрунту. Вода також розчиняє мінерали та органічні речовини з ґрунту та підземних утворень. Між водою і повітрям відбувається безперервний обмін газами, і коли вода стоїть в контакті з осадом на дні водойм, відбувається обмін речовинами до досягнення рівноваги. Біологічна активність у водному середовищі надзвичайно впливає на pH та концентрації розчинених газів, поживних речовин та органічних

речовин. Природні водні об’єкти прагнуть до стану рівноваги щодо якості води, яка залежить від кліматичних, гідрологічних, геологічних та біологічних факторів.

Діяльність людини сильно впливає на якість води, і вона може порушити природне становище. Найбільш поширеним впливом людини протягом багатьох років було впровадження хвороботворних організмів шляхом утилізації людських відходів у запаси води. Хвороби, що передаються водою, до минулого століття були основною причиною захворюваності та смерті у всьому світі. Проблеми захворювань, що передаються водою, були зменшені завдяки застосуванню в більшості країн кращого поводження з відходами та охорони здоров'я. Хвороби, що передаються водою, все ще залишаються проблемою, але зростаюче населення та зростаючі сільськогосподарські та промислові зусилля, необхідні для підтримки людства, викидають забруднюючі речовини у поверхневі води та підземні води все більшою і тривожною швидкістю. До забруднювачів належать зважені частинки ґрунту від ерозії, які спричиняють помутніння та осідання у водних об’єктах та надходження рослинних поживних речовин, токсичних металів, пестицидів, промислових хімікатів та нагріту воду від охолодження промислових процесів. Водні об’єкти мають природну здатність засвоювати забруднення, і ця здатність є однією з послуг, що надаються водними екосистемами. Однак, якщо надходження забруднюючих речовин перевищує асиміляційну здатність водного об’єкта, це призведе до екологічної шкоди та втрати екологічних послуг.

Чиста рідка вода безбарвна, без смаку та запаху і складається виключно з молекул $H_2O$. Міжнародна спільнота чистоти та прикладної хімії (IUPAC) назвали воду – оксидан [4]. Іноді його також називають оксидом водню або оксидом дигідрогену. Молекула води є невеликою з молекулярною масою 18,015 г/моль, але молекули води не такі прості, як це передбачає їх низька молекулярна маса. Молекула води негативно заряджена з одного кінця і

позитивно заряджена з іншого. Поділ зарядів призводить до того, що молекули води мають властивості, що відрізняються від властивостей інших сполук з подібною молекулярною масою.

Ці відмінності включають підвищену температуру замерзання та кипіння, великі вимоги до зовнішнього середовища для зміни між твердою і рідкою та між рідкою і паровою фазами, щільність, що залежить від температури, велика здатність утримувати тепло та відмінна дія у якості розчинника. Ці унікальні фізичні властивості води дозволяють їй існувати на поверхні землі та бути максимально використовуваною.

Вода - чудова речовина, яка багато в чому залежить від унікальності Землі. Без неї не було б життя на цій планеті. Як сказала американський філософ XX століття Лорен Ейзлі, "на цій планеті є магія, вона міститься у воді".

### 1.2.1. Структура молекули води

Вода утворена об’єднанням двох атомів водню  і з одним атомом оксигену [5]. Закони термодинаміки говорять, що речовини спонтанно змінюються до свого найбільш стабільного стану, можливого за існуючих умов. Стабільний атом має два електрони в своїй внутрішній електронній оболонці і щонайменше вісім електронів у зовнішній. Атоми неметалів, такі як кисень та водень, можуть об’єднуватись, щоб поділити електрони з іншими атомами, щоб заповнити свою зовнішню електронну оболонку в процесі, званому ковалентним зв’язком. Молекула води є результатом двох атомів водню, кожен з яких поділяє один електрон з киснем і утворює два ковалентних зв’язки (рис. 1.2). Таке розташування дозволяє атому кисню отримати два електрони, щоб заповнити свою зовнішню електронну оболонку, тоді як кожен атом водню отримує один електрон, щоб заповнити свою зовнішню і єдину електронну оболонку.

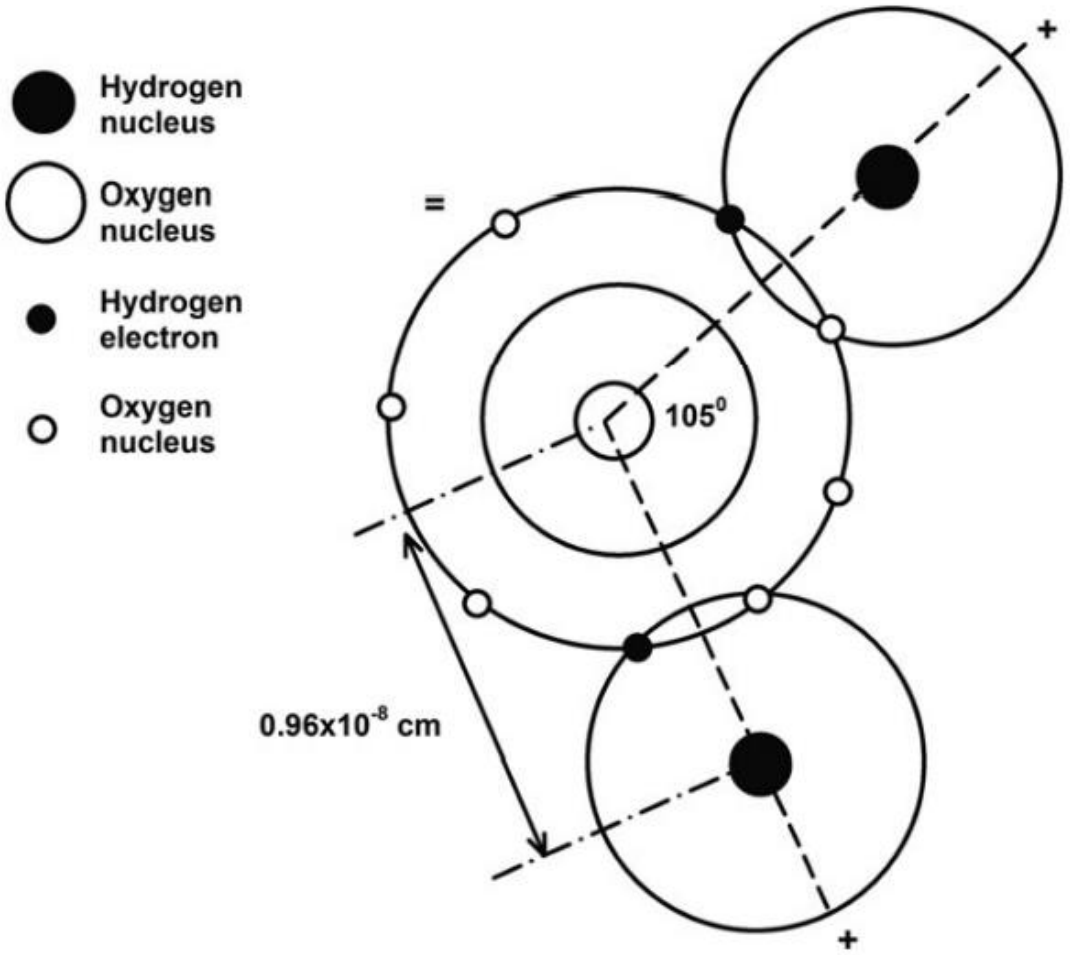



Рис.1.2. Молекула води та її розміри

Атоми і молекули часто називають електрично нейтральними, щоб відрізнити їх від заряджених іонів, але насправді молекули рідко бувають абсолютно нейтральними. Електрони молекул постійно перебувають у русі, і вони можуть концентруватися в одній або декількох окремих ділянках молекули. Коли це відбувається, негативний заряд, що передається електронами, не повністю врівноважується позитивними зарядами сусідніх ядер атомів молекули. Це призводить до виникнення протилежно заряджених ділянок або полюсів, а молекули з такими ділянками називаються диполярними. Ковалентні зв’язки в молекулах також можуть створювати диполі. У полярному ковалентному зв’язку електрони розподіляються нерівномірно між атомами, що беруть участь у ковалентному зв’язку, що призводить до незначного негативного заряду для більш електронегативного атома та незначного позитивного заряду до менш електронегативного атома.

Такий поділ заряду викликає постійний дипольний момент, в якому атом з одного боку зв'язку має позитивний заряд і навпаки. Заряди на молекулах є електростатичними зарядами, тобто вони перебувають у стані спокою, створюючи електричне поле, а не струм.

### 1.2.2.Термальні характеристики і фази

У Міжнародній системі одиниць (система СІ) Джоуль (Дж) є базовою одиницею енергії [6]; один джоуль - це кількість енергії, переданої, коли 1 Ньютон (N) діє на об'єкт понад 1м. Питома теплоємність - це кількість енергії, яку необхідно прикласти або забрати, щоб змінити температуру 1г речовини на 1°C. Визначення калорій ґрунтується на питомій теплоті рідкої води (1кал підвищить температуру 1г рідкої води на 1°C), а рідка вода є стандартом для порівняння питомих нагрівань речовин. Питомі нагрівання трьох фаз води:

- лід при 0°C, 2,03 Дж/г/°C (0,485 кал/г/°C);
- вода при 25°C, 4,184 Дж/г/°C (1 кал/г/°C);
- пара при 100°C, 2,01 Дж/г/°C (0,48 кал/г/°C).

Також лід може переходити з твердого стану в пару, не проходячи через рідку фазу. Це причина того, що мокрий одяг, підвішений на відкритому повітрі в морозну погоду, може стати сухим. Процес називається сублімацією, а внутрішня теплота сублімації становить 3012 Дж/г (720 кал/г). Водяна пара також може перетворюватися з пари в лід, не проходячи через рідку фазу. Цей процес відомий як осадження, для якого внутрішня теплота також становить 3012 Дж/г.

Чиста вода-це рідина при температурі від 0 до 100 °C при стандартному (на рівні моря) атмосферному тиску. Інші поширені сполуки водню, такі як метан, аміак та сірководень, є газами при звичайних температурах на поверхні землі (табл. 1.2). Питоме нагрівання, внутрішня теплота плавлення

та випаровування також більші для води, ніж для інших трьох поширених сполук водню (табл. 1.2). Причина, чому вода відрізняється за своїми тепловими властивостями від інших речовин з подібною молекулярною масою, пояснюється її здатністю утворювати водневі зв’язки між своїми молекулами. Високі значення внутрішньої теплоти для води відображають стійкість до утворення та розриву водневих зв'язків. У разі замерзання молекулярний рух повинен зменшитися до такої міри, що може утворитися кристалічна решітка льоду, але коли лід тане, потрібно прикласти достатньо енергії, щоб розірвати достатню кількість водневих зв’язків. Така ж логіка застосовується і до випаровування. Енергія необхідна для звільнення молекул пари від водневого зв'язку.

Таблиця 1.2

Термальні властивості води у порівнянні з іншими сполуками гідрогену з схожою молекулярною масою

| Властивість | Вода ($H_2O$) | Метан ($CH_4$) | Аміак ($NH_3$) | Сульфат оксигену($H_2S$) |
|---|---|---|---|---|
| Молекулярна маса | 18.02 | 16.04 | 17.03 | 34.08 |
| Питома теплоємність | 4.184 | 2.23 | 2.20 | 0.24 |
| Точка замерзання | 0 | -182.5 | -77.7 | -85.5 |
| Точка кипіння | 100 | -162 | -33.3 | -60.7 |
| Внутнішня теплота випаровування | 2260 | 481 | 1371 | 548 |

### 1.2.3. Щільність

Молекули льоду розташовані в правильній решітці за допомогою водневого зв'язку [7]. Регулярне розташування молекул у льоду створює порожнечі, відсутні у рідкій воді, де молекули розташовані ближче один до

одного. Лід менш щільний, ніж рідка вода (0,917 г/см3 проти 1 г/см3), що дозволяє йому плавати.

Щільність рідкої води збільшується при підвищенні температури, досягаючи максимальної щільності 1000 г/см3 при 3,98°С. Подальше потепління призводить до зменшення густини води (табл. 1.3). Два процеси впливають на щільність, коли вода нагрівається вище 0 С. Залишки кристалічної решітки льоду розпадаються, щоб збільшити щільність, тоді як зв’язки розтягуються, щоб зменшити щільність. Від 0 до 3,98°С руйнування залишків решітки має найбільший вплив на щільність, але подальше потепління призводить до зменшення щільності через розтягнення зв’язків, викликане більшою внутрішньою енергією в молекулах теплішої води. Зміна щільності внаслідок температури впливає на масу одиниці об’єму води. Один кубічний метр чистої води при 10°С важить 999,70 кг; той же об'єм важить 995,65 кг при 30°С.

Таблиця 1.3

Щільність чистої води при різних температурах

| °С | г/см$^3$ | °С | г/см$^3$ | °С | г/см$^3$ |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0.99984 | 10 | 0.99970 | 20 | 0.99821 |
| 1 | 0.99990 | 11 | 0.99961 | 21 | 0.99800 |
| 2 | 0.99994 | 12 | 0.99950 | 22 | 0.99777 |
| 3 | 0.99997 | 13 | 0.99938 | 23 | 0.99754 |
| 4 | 0.99998 | 14 | 0.99925 | 24 | 0.99730 |
| 5 | 0.99997 | 15 | 0.99910 | 25 | 0.99705 |
| 6 | 0.99994 | 16 | 0.99895 | 26 | 0.99678 |
| 7 | 0.99990 | 17 | 0.99878 | 27 | 0.99652 |
| 8 | 0.99985 | 18 | 0.99860 | 28 | 0.99624 |
| 9 | 0.99978 | 19 | 0.99841 | 29 | 0.99595 |

### 1.2.4. Окислюваність

Окислюваність показує кількість кисню в міліграмах, необхідного для окислення органічних речовин, що містяться в 1 дм води [6].

Води поверхневих та підземних джерел мають різну окислюваність - у підземних вод величина окислюваності незначна, за винятком болотяних вод та вод нафтових родовищ. Окислюваність гірських рік нижче, ніж рівнинних. Найбільша величина окислюваності (до десятків мг/дм³) — біля річок із живленням болотяними водами.

Величина окислюваності закономірно змінюється протягом року. Окислюваність характеризується декількома величинами - перманганатною, біхроматною, йодатною окислюваністю (залежно від того, який окислювач використовується).

### 1.2.5. Жорсткість

Це багатозначний показник, що залежить від концентрації іонів кальцію і магнію у воді. Кількісно вимірюється в значенні мг-екв/л (міліграм-еквівалент на літр). Вода з достатньо глибоких джерел має значно більшу жорсткість (8-10 мг-екв/л) ніж з поверхневих - відносно невелика (3-6 мг-екв/л). Таблицю жорсткості можна побачити під номером 1.4.

Таблиця 1.4

Розподілення жорсткості води.

| Класифікація води | Концентрація $Ca^{2+}$ і $Mg^{2+}$, екв/л |
|---|---|
| Дуже м’яка | < 1.5 |
| М’яка | 1.5 – 4.0 |
| Середньої жорсткості | 4.0 – 8.0 |
| Жорстка | 8.0 – 12.0 |
| Дуже жорстка | 12.0 < |

Жорстка вода містить в собі велику кількість розчинених мінеральних солей, що при нагріванні спричиняє створення накипу. Накип – це твердий нерозчинний осад схожий по міцності на камінь, здебільшого розташований на внутрішніх стінках водопровідних труб, казанів, побутових нагрівальних приладів. Жорсткість води спричиняє велику кількість проблем при звичайному використанні: при використанні в пранні миючі засоби гірше піняться, а при приготуванні дуже погано розварюються овочі та змінюється смак напоїв. Вода визначається придатною для пиття, якщо рівень максимальної жорсткості рівний 7-10 мг-екв/л.

Занадто м'яка вода (менше 1,5 мг-екв/л) також шкідлива для здоров'я. При регулярному вживанні вона має властивість вимивати з організму функціонально необхідні іони кальцію, а це призводить до захворювань серцево-судинної системи, опорно-рухового апарату, та інші. Це відноситься і до дощової води, яка добре підходить для миття та прання, але не потрібно зловживати нею в приготуванні їжі та звичайному використанні.

### 1.2.6. Кислотність

PH або негативний логарифм концентрації іонів водню є основною характеристикою якості води, оскільки іони водню впливають на багато хімічних реакцій. Оскільки розчинений вуглекислий газ є кислим, дощова вода, насичена цим газом, є природно кислою - зазвичай приблизно 5-6 pH. Вапняк, силікат кальцію та польові шпати у ґрунтах та інших геологічних утвореннях розчиняються під дією вуглекислого газу для збільшення концентрації бікарбонату у воді та підвищення pH.

Загальна лужність, як правило, становить менше 50 мг/л у водах вологих районів з сильно вимитими ґрунтами, але вона більша там, де ґрунти більш родючі, присутні вапнякові утворення або посушливий клімат. Лужність збільшує доступність неорганічного вуглецю для фотосинтезу у водах з низьким та помірним pH. Водні об'єкти з помірною та високою

лужністю добре буферизуються проти широких щоденних коливань pH, що виникають внаслідок частого видалення вуглекислого газу шляхом фотосинтезу вдень та повернення вуглекислого газу у воду дихальним процесом вночі, коли немає фотосинтезу.

Оптимальний діапазон pH для більшості водних організмів становить 6,5–8,5, а точки кислотної та лужної загибелі - близько 4 та 11 pH відповідно. Риби та інші водні тварини уникають високої концентрації вуглекислого газу, але 20 мг/л і більше можна переносити за наявності достатньої кількості розчиненого кисню. Оптимальна лужність для водних організмів становить від 50 до 150 мг/л.

Методика вимірювання кислотності скляним електродом була комерціалізована в 1936 році, і вимірювання pH навколишнього середовища є загальнодоступним. Було проведено мільйони вимірювань кислотності у всіх видах природних воду у діапазоні від 0 до 14 (рис. 1.3).

Води у вологих районах з сильно вимитими ґрунтами мають нижчу кислотність, ніж води у районах з вапняковими утвореннями або в напівзасушливих або посушливих регіонах. Але більшість природних вод мають pH в межах 6-9.

| Речовина | pH |
|---|---|
| Електроліти в свинцевих акумуляторах | <1,0 |
| Шлунковий сік | 1,0 — 2,0 |
| Лимонний сік (5% розчин лимонної кислоти) | 2,0 ± 0,3 |
| Харчовий оцет | 2,4 |
| Кока-кола | 3,0 ± 0,3 |
| Яблучний сік | 3,0 |
| Пиво | 4,5 |
| Кава | 5,0 |
| Шампунь | 5,5 |
| Чай | 5,5 |
| Шкіра здорової людини | 5,5 |
| Кислотні дощі | < 5,6 |
| Слина | 6,35 — 6,85 |
| Молоко | 6,6-6,9 |
| Чиста вода | 7,0 |
| Кров | 7,36 — 7,44 |
| Морська вода | 8,0 |
| Мило (жирове) для рук | 9,0 — 10,0 |
| Нашатирний спирт | 11,5 |
| Відбілювач (хлорне вапно) | 12,5 |
| Концентровані розчини лугів | >13 |

Рис. 1.3. pH значення деяких речовин

Загальна лужність води визначається як загальна концентрація титрованих основ, виражена у вигляді карбонату кальцію ($CaCO_3$). Карбонат кальцію є основою для вираження лужності, оскільки його зазвичай додають для підвищення pH та лужності кислої води.

Двоокис вуглецю збільшує розчинення вапняку та деяких інших корисних копалин у ґрунтах та інших геологічних утвореннях, що додають бікарбонат (та карбонат) до природних вод. Концентрація загальної лужності зазвичай коливається від 5 до 300 мг/л у прісних водах. Хоча лужність часто майже повністю випливає з бікарбонату та карбонату, деякі води, особливо забруднені, містять значну кількість гідроксиду, аміаку, фосфату, бору чи

інших основ, які сприяють лужності. На рисунку 1.4. показано співвідношення сильної кислоти і сильної лужної основи відносно кількості необхідної речовини для досягнення певного результату.

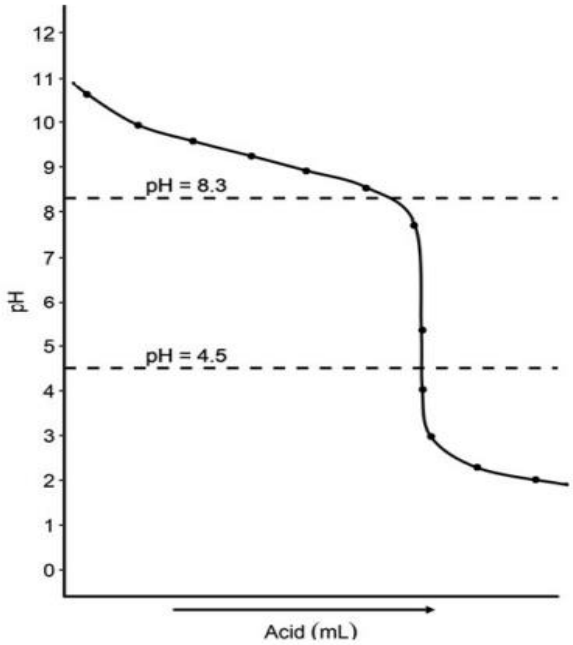



Рис. 1.4. Крива співвідношення міцної основи - гідроксид натрію з сильною кислотою - соляна кислота.

Основним джерелом лужності багатьох вод є вапняк, а карбонат кальцію зазвичай використовується в рівнянні, що зображує розчинення вапняку:

$$CaCO^3 = Ca^{2+} + CO_3^{2-}$$

### 1.2.7. Мінералізація

Мінералізація води характеризує вміст розчинених солей у питній воді та визначається в мг/дм$^3$. Мінералізація питної води впливає не лише на смак страв, приготованих на основі води, а й на здоров'я людей в цілому. Джерела з питною водою, що знаходяться на поверхні характеризуються невисокою мінералізацією, а підземні води мають високий вміст солей.

Жорсткість та мінералізація [7] – це взаємопов'язані, але різні поняття. Розчинені у воді солі кальцію та магнію роблять її жорсткою. Відносно безпечна межа рівня мінералізації питної води – 1000 мг/л. Підвищення

вмісту солей погіршує якість і властивості води - вона відчувається достатньо гіркою або надто солоною.

Органолептичний поріг відчуття рівня хлоридів становить 350 мг/л, а для сульфатів - 500 мг/л. Нижній рівень вмісту солі для питної води, при якому не відчувається негативний вплив на фізіологічні процеси в тілі людини - 100 мг/л. Звичайний допустимий діапазон вмісту солей в питній воді 170-400 мг/л. Рівень іонів кальцію має бути не меншим за 25 мг/л, іонів магнію — не менш ніж 10 мг/л.

Користуючись спеціальним приладом для вимірювання жорсткості та мінералізації води – кондуктометром або солеміром, можна отримати значення загальної мінералізації, яке вимірюється в частках на мільйон частинок води ppm (parts per million). В таблиці 1.5. можна побачити співвідношення рівня ppm до рівня якості води.

Таблиця 1.5

Відношення типу води до значення ppm

| Тип води | PPM |
|---|---|
| < 50 | Ідеальна питна вода після багаторівневого очищення |
| 50 – 170 | Хороша питна вода після вугільного фільтру або гірська вода |
| 170 – 300 | Вода на межі допустимого значення, достатньо важка |
| 300 – 500 | Неприємна по смакових якостях вода, неприйнятна для приготування чаю |
| 500 < | Небезпечна для здоров’я вода |

### 1.3. Системи контролю якості води

Для того, щоб визначити параметри води чи якихось речовин потрібно розробити систему, що буде знімати дані з сенсорів і відображати їх на

доступному сайті. На сьогоднішній день існують багато пристроїв для хімічного аналізу водних ресурсів.

Одні з найпростіших і дешевих є портативними, здебільшого вони призначені для особистого побутового використання. З їх допомогою можна виміряти температуру і рівень мінералів у воді з-під крану, криниці, джерелі чи в акваріумі. Вони не дуже точні, але є не дорогими і доступними для таких сценаріїв вимірювання.

Інша група стаціонарних приладів призначена для точних аналізів зразків води в лабораторіях. Спектр хімічного вимірювання в них набагато більший і сенсори набагато точніші. Сенсори використовуються значно кращої якості вимірювання ніж в портативних, але і ціна, відповідно, теж в рази більша. Також вони можуть вимірювати значно більше характеристик рідин.

### 1.3.1. Аналіз існуючих систем

Ph-метр стаціонарний MP 511 [8] – це прилад, що дозволяє виконувати вимірювання лабораторних зразків водних розчинів (рис.1.5). Ціна такого пристрою 15 105грн.

Рис.1.5. pH-метр MP511.

Пристрій вимірює такі показники:

- pH – рівень кислотності.
- ОВП – окислювально-відновлювальний потенціал (Eh).
- Температура.

PH-метр виглядає як пантограф для мікрофону, але на його кінці знаходиться сенсор. Результат виводиться на екран, який з'єднаний кабелем з сенсором. Він може використовуватись для виміру зразків води з озер, промислової води, водопроводів.

Портативний pH-метр HI 83141 HANNA [9] – це портативний невеликий пристрій для виміру рівня pH і температури рідин (рис 1.6). Ціна цього пристрою складає 12 870 грн.

Рис. 1.6. pH-метр HI 83141 HANNA.

Пристрій вимірює температуру і рівень кислотності рідини двома щупами, що підключені проводами до основної частини пристрою. Результат можна побачити на рідко кристалічному дисплеї. Час автономної роботи від батареї складає 100 годин.

Портативний pH-метр Milwaukee MW101 [10] – компактний прилад для вимірювання рівня кислотності в розчинах від побутового і промислового до промислового застосування (рис. 1.7). Пристрій можна використовувати для аналізу рідин в акваріумах, стічних водах, водоймах. Ціна такого пристрою складає 5 940 грн.

Рис. 1.7. pH-метр Milwaukee MW101.

На LCD дисплеї відображається тільки рівень pH. Температура для компенсації результату вимірювань вводиться єдиним регулятором на корпусі пристрою. Режим роботи пристрою обмежено температурами від 0 до 50°C. Час роботи від батареї заявлено 300 годин.

# 2. ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ АПАРАТНИХ ТА ПРОГРАМНИХ ЗАСОБІВ

Для конструювання пристрою спочатку необхідно визначитись з платформою для розробки, спроектувати мінімально необхідний спектр вимірювань. Варто підібрати мікроконтролер який буде повністю задовольняти потреби в кількості сенсорів і програмної частини під час майбутньої автономної роботи. Необхідно вибрати модулі для вимірювання потрібних хімічних параметрів рідин і спосіб передачі даних.

## 2.1. Платформа Arduino

Arduino [11] – це апаратно обчислювальна платформа для конструювання різноманітних пристроїв керування чи аналізу. Основними компонентами якої є мікроконтролерна плата з цифровими і аналоговими елементами виводу та вводу (рис.2.1), що програмуються на спеціально розробленій мові Arduino C яка представляє собою мову C++ із фреймворком Wiring.

Рис. 2.1. Плата Arduino Mega

Для підключення різноманітних зовнішніх сенсорів з платою використовуються цифрові та аналогові входи/виходи на платі. На кожному

варіанті плати їх різна кількість, від 14 до 54 цифрових і від 6 до 16 аналогових I/O.

На усіх платах Arduino знаходиться роз'єм USB-B або UART-USB який виконує дві функції. Перша – організація каналу обміну даними між мікроконтролером і ПК, друга – запис прошивки в мікропроцесор. На апаратному рівні за зв'язок з комп'ютером відповідає модуль послідовного інтерфейсу передачі даних (UART), який вбудований в мікропроцесор.

Процес запису прошивки максимально простий і зводиться до натискання однієї кнопки в програмному середовищі Arduino IDE. Це відбувається завдяки вбудованому прошитому загружчику, що працює по протоколу STK500. ПК бачить плату як віртуальний COM порт.

Для Arduino можна встановити плати розширення, або як їх ще називають «шилди», що значно розширюють функціональні можливості в роботі звичайних схем. Ці додаткові шилди встановлюються на плату Arduino по принципу бутерброда і виглядають як на рис. 2.2.

Рис. 2.2. Шилди встановлені на плату Arduino

Для прикладу, існують плати розширення для підключення до локальної інтернет мережі (Ethernet Shield), для керування потужними моторами (Motor

Shield), для отримання координат і часу з супутників GPS (приймач GPS/GLONASS) та багато інших.

### 2.1.1. Середовище розробки

Файли прошивки для мікроконтролерів розробляються в програмному середовищі Arduino IDE [12]. Воно містить в собі редактор коду, препроцесор, компілятор, допоміжні інструменти які допомагають працювати з мікроконтролером. IDE працює на багатьох актуальних операційних системах.

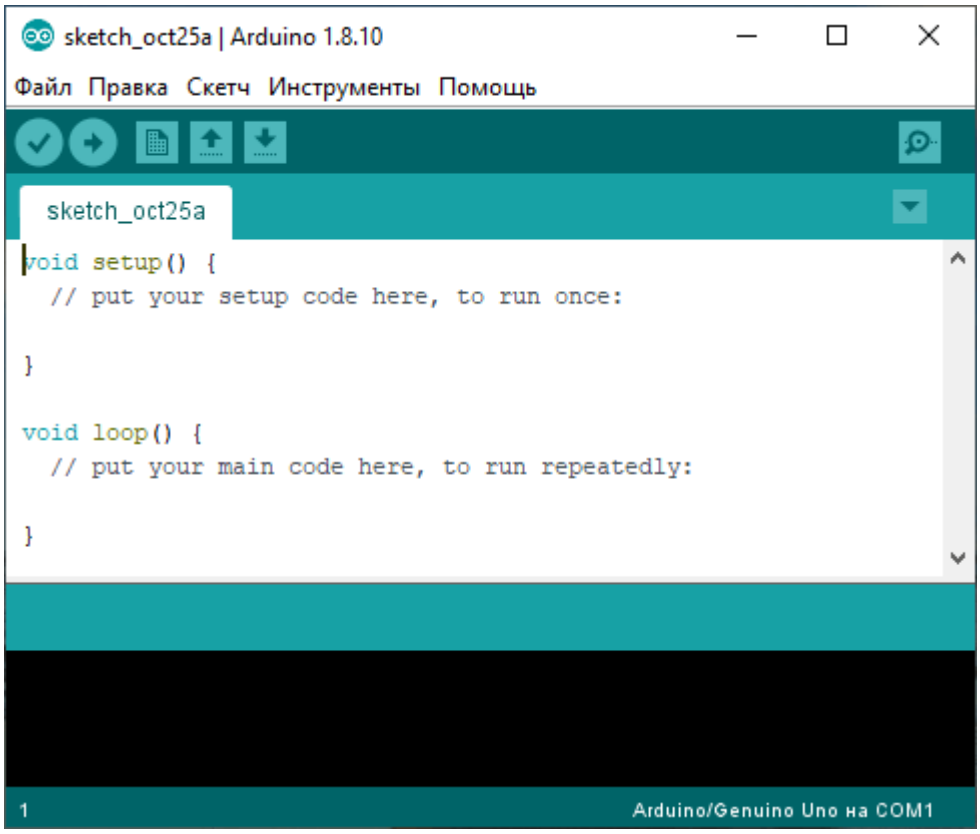



Рис. 2.3. Інтерфейс Arduino IDE

Програмний код розробляється мовою C++ з використанням певного компілятора для полегшення роботи. Прошивка називається скетчем (Sketch) і зберігається у файлі з розширенням .ino.

Функція setup() є обов’язковою і використовується мікроконтролером тільки один раз після ввімкнення. У ній вказуються параметри для

ініціалізації роботи пристрою. Наступні функції можуть викликатись циклічно.

Бібліотеки для роботи з пристроями необхідно імпортувати вручну. Проте декілька базових бібліотек вже імпортовані.

Прошивка Arduino відбувається завдяки завантажувачу, що вбудований в мікроконтролер. Також можливо прошити систему через програматор, для цього на платах знаходиться ICSP-роз'єм для схемного програмування в обхід загрузчика.

Для програмування мікроконтролера потрібно підключити Arduino до комп'ютера USB кабелем, далі в редакторі Arduino IDE у вкладці інструменти вибрати потрібну плату, процесор і порт до якого підключено Arduino(рис.2.4).

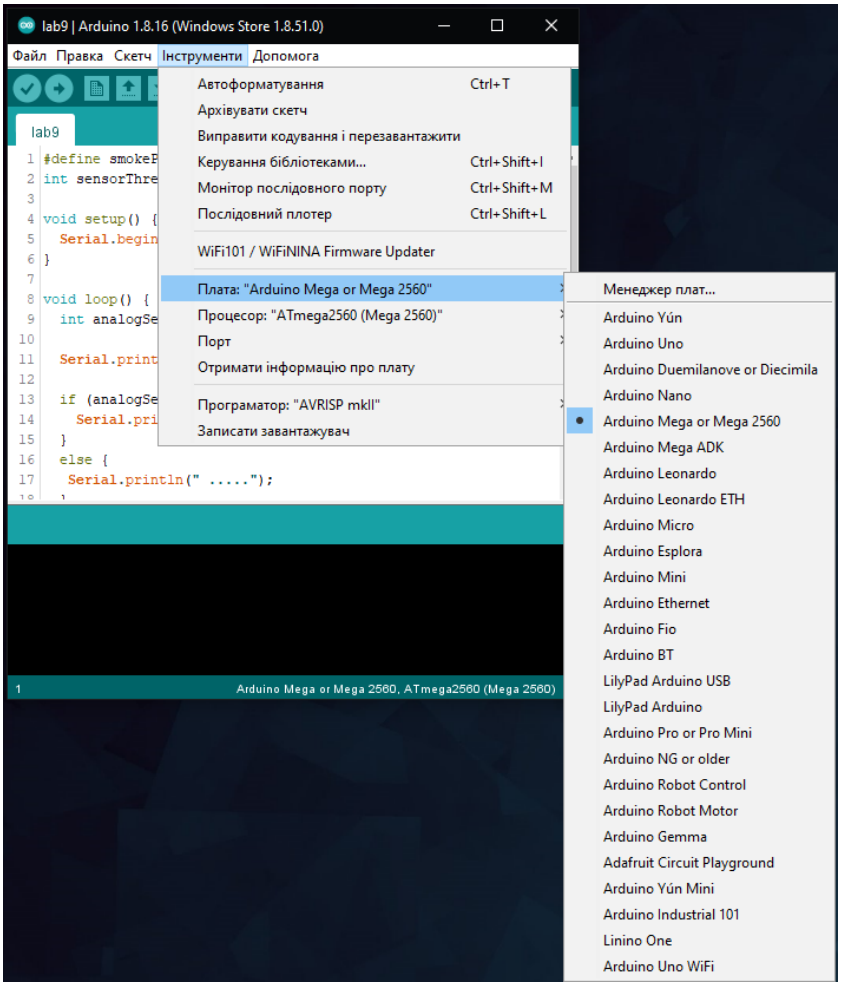



Рис.2.4. Вибір плати перед прошивкою

Після цього необхідно скомпілювати прошивку і завантажити її в плату кнопкою із значком «стрілка» зліва вгорі. Обмін даними на більшості плат буде супроводжуватись миганням відповідних світлодіодів RX і TX після чого на екран буде виведено результат про успішність чи невдачу прошивки.

### 2.1.2. Вибір апаратного рішення та його переваги

На ринку доступно багато видів мікроконтролерів Arduino, також для них відповідні плати розширення. Найбільш популярними є такі версії:

- Uno - найбільш популярна Arduino на базі мікроконтролера ATmega328P, його частота становить 16 МГ. На платі знаходиться кнопка скидання, також в ній наявне маркування виводів (рис. 2.5);
- Nano - це невелика та зручна друкована плата на базі ATmega328P, випущена в 2008 році. Вона пропонує такі ж можливості підключення та характеристики плати Arduino Uno у меншому форм-факторі. Живлення подається через кабель micro-USB type - B або від акумулятора 9В (рис. 2.5);
- Mega - плата на мікроконролері Atmega1280 частота в якого становить 16 МГц, також наявна кнопка перезапуску (рис. 2.5);
- Mega2560 - обновлений варіант плати Mega1280. Використовується в ній потужніший мікроконтролер Atmega2560 та чіп ATMega8U2 для послідовного з'єднання через USB порт;
- Leonardo - дешева плата з мікропроцесором Atmega32u4 на борту. По розмірах і вигляду дуже схожа на UNO, але має простішу схемотехніку. На стороні програмного забезпечення він має чудовий драйвер USB, здатний імітувати мишу, клавіатуру, послідовний порт (рис. 2.5);
- LilyPad - одна з найбільш незвичайних плат Arduino. Вона була розроблена для використання з предметами одягу і текстилю. Її можна пришивати до тканини і за допомогою струмопровідних ниток

підключати живлення, сенсори або виконуючі пристрої. Електронна схема, зібрана на тканині, включаючи саму плату LilyPad не боїться прання. Друкована плата має форму кола діаметром близько 50 мм. Плата виконана на мікроконтролерах ATmega168V або ATmega328V (рис.2.5).

Рис. 2.5. Популярні плати Arduino.

Схема Arduino Mega, що використовується в цьому проекті використовує мікроконтролер ATmega2560 з 256Кб постійної флеш-пам’яті та 8Кб оперативної пам’яті. Плата має для використання 54 цифрових входів/виходів(15 з яких можуть використовуватись як виходи ШІМ), 16 аналогових входів, кварцовий генератор на частоті 16МГц. Входи та виходи, що доступні на платі через роз’єми для входу проводів мають роз’єм для входу виду «мама».

Переваги використовуваної плати Arduino Mega2560 R3:

– велика кількість портів входу/виходу: 54 цифрових, 14 аналогових, 4 UART (апаратні давачі для використання послідовних інтерфейсів);
– покращена перешкодостійкість порівняно з іншими версіями плат;
– найпотужніший поміж усіх Arduino мікроконтролер ATmega2560 – 8U2;
– легкий процес прошивки через USB type-B кабель з допомогою вбудованого Bootloader-a.

Всі вводи і виводи плати можна побачити на рис. 2.6 [13].

А на таблиці 2.1. перелічено основні технічні характеристики плати.

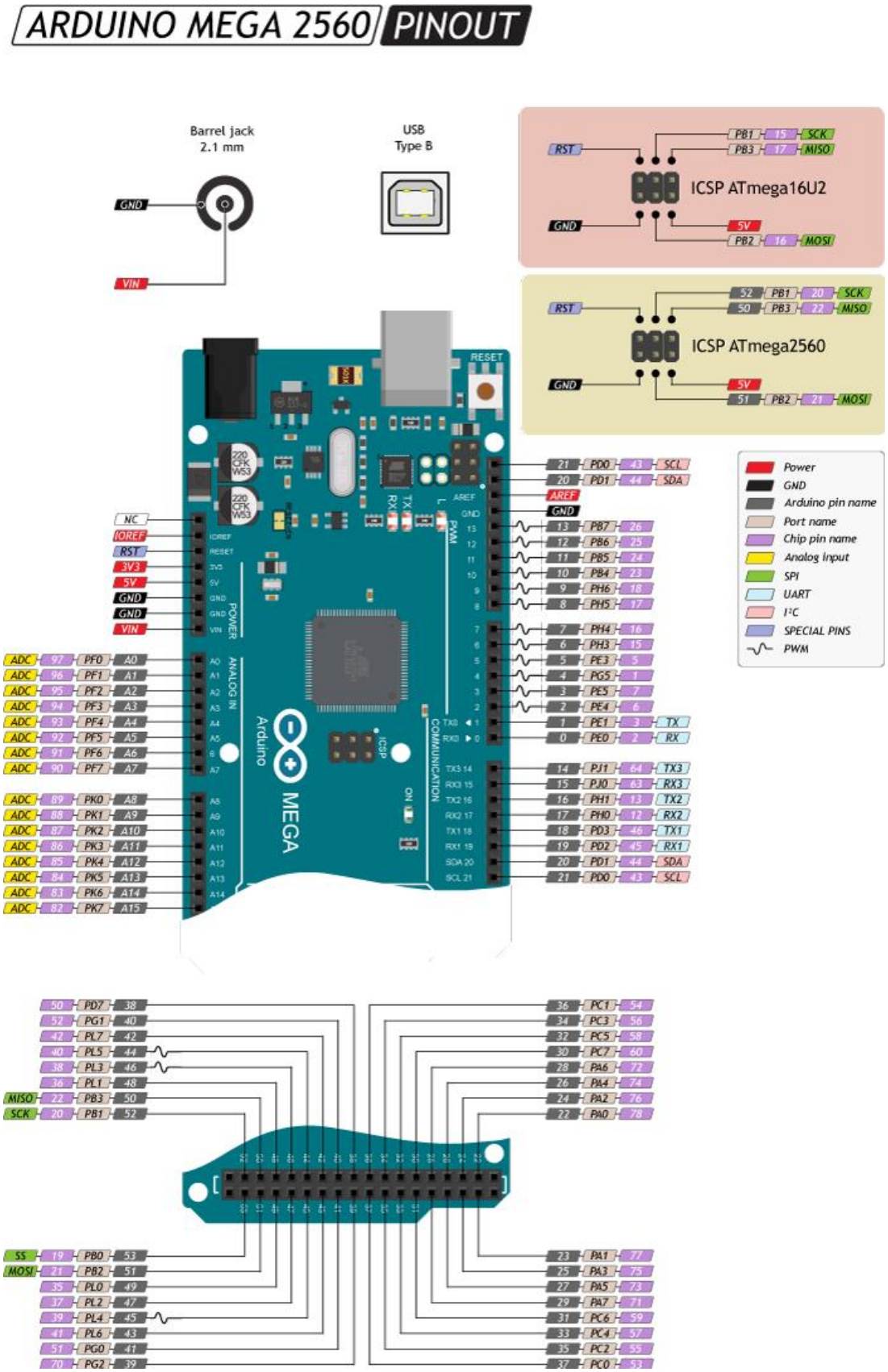



Рис. 2.6. Схема виводів плати Arduino Mega

Таблиця 2.1

Основні характеристики Arduino Mega2560

| **Мікроконтролер** | **ATmega2560** |
|---|---|
| Робоча напруга | 5В |
| Вхідна напруга (рекомендована) | 7-12В |
| Вхідна напруга (максимальна) | 6-20В |
| Цифрові вхідні/вихідні піни | 54 (з них 15 можуть використовуватись як ШІМ виходи) |
| Аналогові входи | 16 |
| Постійний струм на входах/виходах | 20 мА |
| Постійний струм на вході 3.3В | 50 мА |
| Flash-пам’ять | 256 КБ (8 КБ займає завантажувач) |
| Оперативна пам’ять | 8 КБ |
| EEPROM | 4 КБ |
| Частота мікроконтролера | 16 МГц |
| Вбудований Led – індикатор | 13 |
| Довжина | 101.52 мм |
| Ширина | 53.3 мм |
| Маса | 37 г |

На платі знаходяться 4 світлодіоди які інформують про стани роботи чи про помилки. Вони позначені RX, TX, PWR, L і мають однойменні входи на платі. Початкові два повідомляють про передачу і отримання даних. PWR спрацьовує при подачі напруги 5В та вказує, що живлення присутнє. Діод L використовується розробником для власних індикацій.

Плата Mega отримує живлення через USB-порт, або від іншого зовнішнього джерела - тип якого вибирається платою автоматично. Також для живлення плати чи сенсорів може використовуватися мережевий адаптер, акумулятор чи акумуляторні батареї.

Напруга джерела живлення повинна знаходитись в межах від 6-20 В. Потрібно зауважити, що при зменшенні вхідної напруги нижче 7В вивід живлення на платі буде видавати менше 5V, а це спричинить неполадки і нестабільність в роботі сенсорів пристрою. Навпаки ж, якщо подати на вхід більше 12В. то відбудеться перегрів стабілізатора напруги, що спричинить нестабільну роботу пристрою і призведе до перегорання мікросхеми. У зв'язку з цим, потрібно подавати живлення в безпечних межах від 7В до 12В.

При використанні вбудованих функцій pinMode(), digitalWrite() і digitalRead() будь-який із 54 цифрових виходів на платі Arduino можна запрограмувати на роботу в режимі входу чи виходу. При цьому напруга на даних виходах буде обмеженою до 5В. Максимум по рівню струму, який може видавати або споживати один вихід, рівний 40мА. Усі виходи на платі пов'язані з внутрішніми підсилюючими резисторами, номінал яких коливається в межах 20-50 кОм, і за замовчуванням вони відключені. Активувати їх можна програмним способом.

Послідовний Serial інтерфейс доступний на усіх виводах RX і TX. Вони використовуються для взаємодії з сенсорами та модулями. З їх допомогою можна обмінюватись інформацією.

Широтно-імпульсна модуляція доступна на виводах: 2 - 13 і 44 - 46. За допомогою функції analogWrite() можна отримати 8-бітові аналогові значення у вигляді ШІМ-сигналу.

### 2.1.3. Давачі для аналізу

Давачі (сенсори) пристрою повинні аналізувати стан води і надсилати інформацію до мікроконтролера, а він в свою чергу на сервер. Після дослідження пристроїв які представлені тепер на ринку, декілька з них описано в розділі 1, було вирішено, що цей пристрій буде складатись з таких сенсорів для аналізу води:

1. pH сенсор для вимірювання кислотності.

2. Сенсор мутності.
3. Температурний сенсор.
4. Сенсор мінералізації води (TDS).

pH сенсор [14] представлений на рис. 2.7, та дозволяє вимірювати рівень кислотності та валентності рідин методом аналізу активності іонів водню (H+). Його принцип дії базується на вимірі електро-рушійної сили системи електродів, котра пропорційна активності іонам водню в розчині. Вимірювальний електрод сенсору є скляним.

Рівень визначається по шкалі pH, діапазон якої складає 0-14, де 0 відповідає найбільш кислотному, 7 – нейтральному, а 14 – найбільш лужному середовищу.

Рис. 2.7. pH давач.

Це зручний аналоговий пристрій, що має зручне підключення. На платі є світлодіод, який індикує що живлення наявне на роз’ємі BCN і інтерфейсі сенсора PH. Для підключення сенсору до плати Arduino необхідно під’єднати

сенсор pH до виводу BCN, а інтерфейс pH до аналогового входу на платі Arduino. Основні характеристики сенсора наведено у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2

Основні характеристики pH сенсору

| | |
|---|---|
| Напруга живлення | 5В |
| Діапазон вимірювання | 0-14pH |
| Діапазон температури виявлення | 0-60 °C |
| Розмір модуля | 42мм × 32мм × 20мм |
| Час відгуку | ≤5 с |
| Точність | ± 0,1pH (25 °C) |

Позитивними сторонами цього сенсору можна назвати:

– легкість і зручність у використанні

– світлодіодний індикатор живлення

– зручне калібрування

– екранований кабель

– довжина кабелю 0,9м

– не велика ціна – 22 долари

Обов’язковим правилом зберігання сенсору це його зберігання в дистильованій воді. Також перед першим використанням та кожні пів року потрібно проводити калібрування. Ідеальними умовами для вимірювання є температура рідини 25 °C.

Сенсор мутності [15]. Це модуль, що вимірює ступінь розсіювання світла у воді. Сенсор складається із двох основних частин – передавача і приймача. Передавач складається з джерела світла, зазвичай це світлодіод, і схеми керування. В приймачі використовується детектор світла.

В пристрої буде використовуватись сенсор мутності, його показано на рисунку 2.8.

Рис. 2.8. Сенсор мутності.

Принцип дії сенсору мутності досить простий. Передавач випускає світло, воно проходить через рідину і надходить до приймача. Якщо рідина прозора, то приймач вловить практично усе світло, але якщо рідина мутна (забруднена чимось), то кількість отриманого світла зменшиться, причому інтенсивність отриманого світла зворотно пропорційна мутності вимірюваної рідини.

Сенсор має 3 основні частини: водонепроникний корпус, схема керування і з’єднувальні проводи. Результат сенсор може видавати в аналоговому та цифровому форматі. На контролері знаходиться потенціометр, за допомогою якого можна відкалібрувати порогове значення цифрового виводу.

Основні характеристики сенсору мутності зображено в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3

Характеристики сенсору мутності

| | |
|---|---|
| Напруга живлення | 5 В |
| Струм живлення | 40 мА |
| Робоча температура | 5-90 °C |
| Розмір модуля | 38мм × 28мм × 10мм |
| Час відгуку | ≤500 мс |
| Напруга аналогового виходу | 0-5 В |
| Напруга цифрового виходу | Сигнал низького/високого рівня |

Завдяки контролеру сенсору при підключенні немає потреби в допоміжних резисторах чи інших деталях (рис.2.9 та рис.2.10). Задіяно тільки 3 виводи: живлення - 5В, земля – GND та аналоговий вхід – A0.

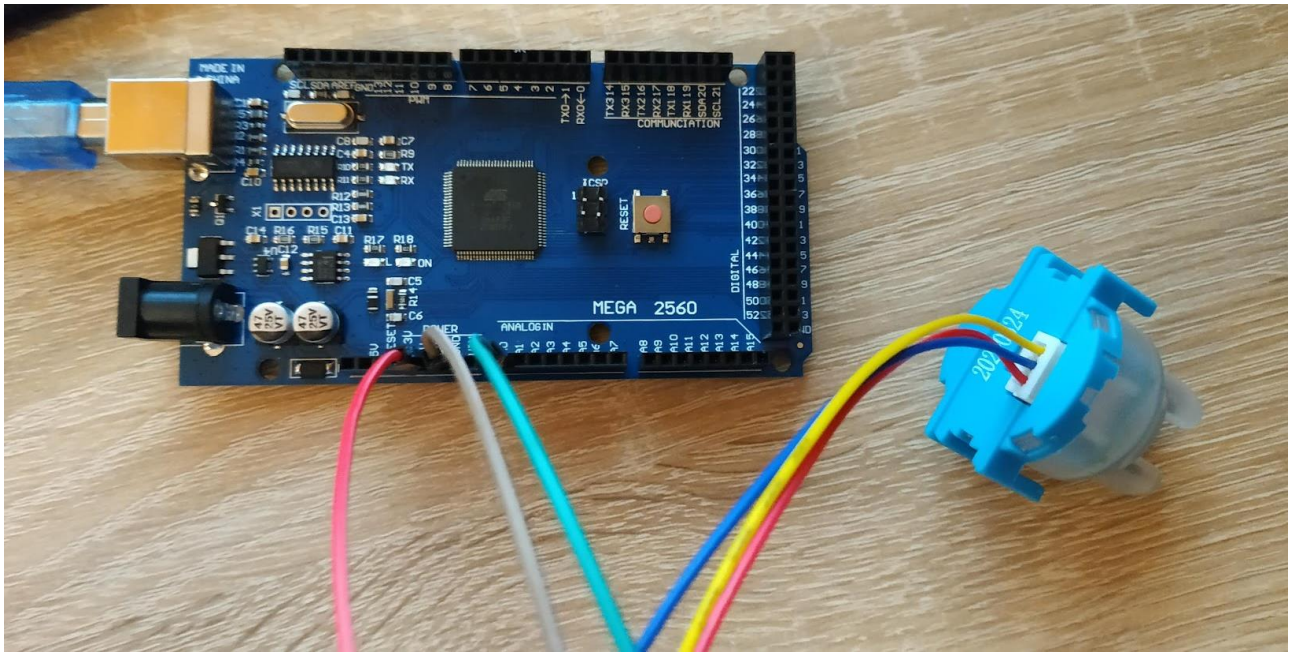



Рис.2.9. Підключення контролера до плати Arduino.

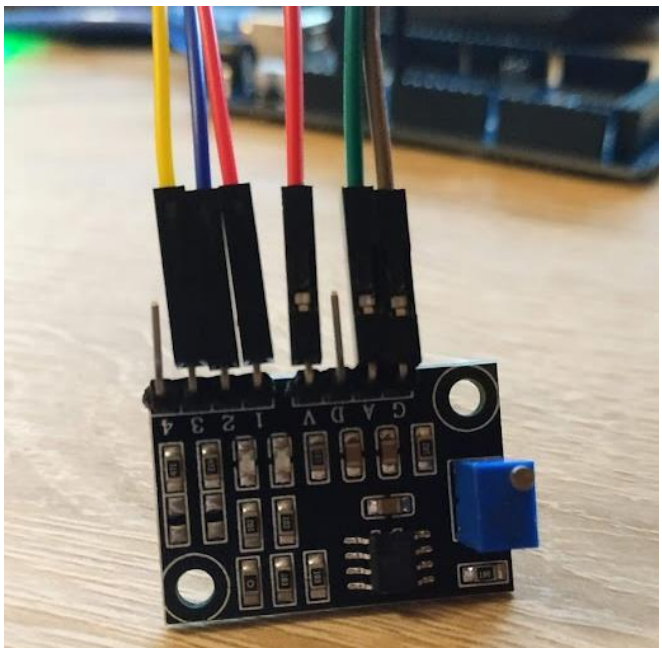



Рис.2.10. Підключення контролера до сенсору мутності.

Температурний сенсор [16]. Цей модуль з назвою DS18B20 (рис.2.11) у пристрої буде вимірювати температуру рідини. Він складається з герметичного сенсору з нержавіючої сталі, що максимально збільшує його надійність і точність під час використання. Його основні характеристики наведено у таблиці 2.4.

Принцип роботи сенсору побудований на перетворенні значення температури у цифрове значення прямо у корпусі. Ця особливість його будови дозволяє зберігати правильність показників при підключенні довгими проводами. Також це дозволяє зручно підключати сенсор до плат Arduino.

Рис. 2.11. Температурний сенсор-зонд DS18B20

Таблиця 2.4

Характеристики температурного сенсору DS18B20

| | |
|---|---|
| Тип сенсору | Зонд |
| Напруга живлення | 3-5,5 В |
| Точність вимірювання | ± 0.5°C в діапазоні -10 до + 85°C |
| Діапазон вимірюваних температур | -55 - +125 °C |
| Інтерфейс | 1-Wire |
| Довжина кабелю | 90 см |
| Час відгуку | ≤750 мс |
| Напруга аналогового виходу | 0-4,5 В |
| Напруга цифрового виходу | Сигнал низького/високого рівня |

Сигнал на виході сенсору може бути вибраний 9 або 12 бітної розрядності завдяки вбудованому цифро-аналоговому перетворювачу. Також на великих відстанях не буде спостерігатись затухання сигналу, оскільки на виході іде цифровий сигнал.

Недоліком цього сенсору є необхідність використання підтягуючого резистора на 4,7 кОм між проводами DATA та VCC, що показано на рисунку

2.12. Ще одною незручністю є використання протоколу Dallas 1-Wire для якого потрібно підключати додаткову бібліотеку, що збільшує розмір файлу прошивки.

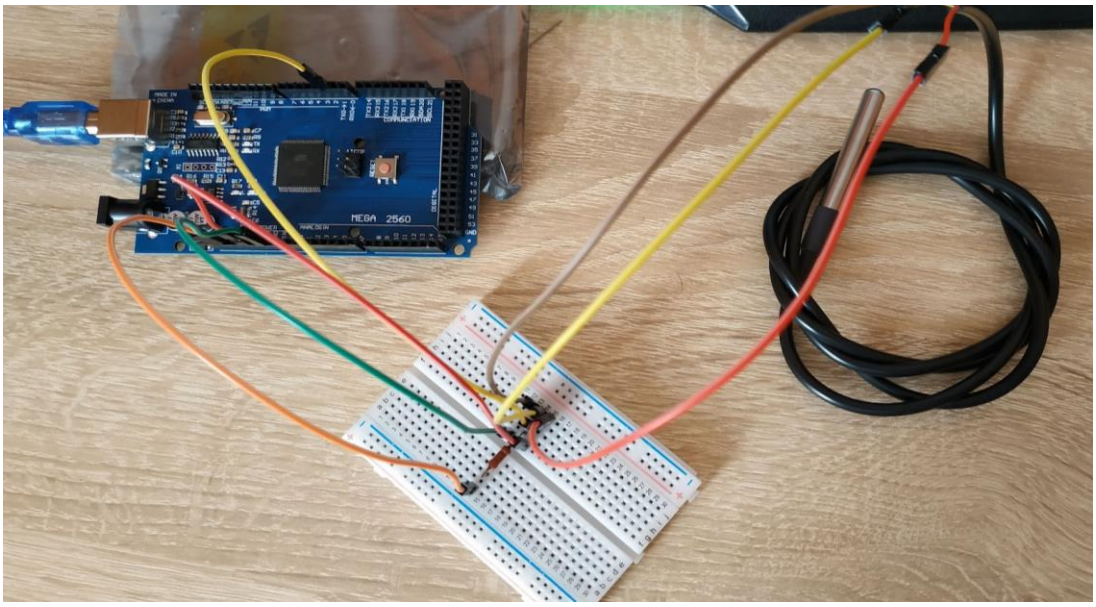



Рис. 2.12. Підключення температурного сенсору DS18B20.

Сенсор мінералізації [17]. Це пристрій для виміру загальної кількості мінеральних частинок, розчинених у вигляді соляних частин (TDS – total dissolved solids) на один мільйон частинок води, що визначається в ppm (з англ., частин на мільйон).

PPM розраховується на основі електропровідності в одиницях См/м. Тобто, якщо більше частинок солей, тим вища електропровідність і вище значення TDS.

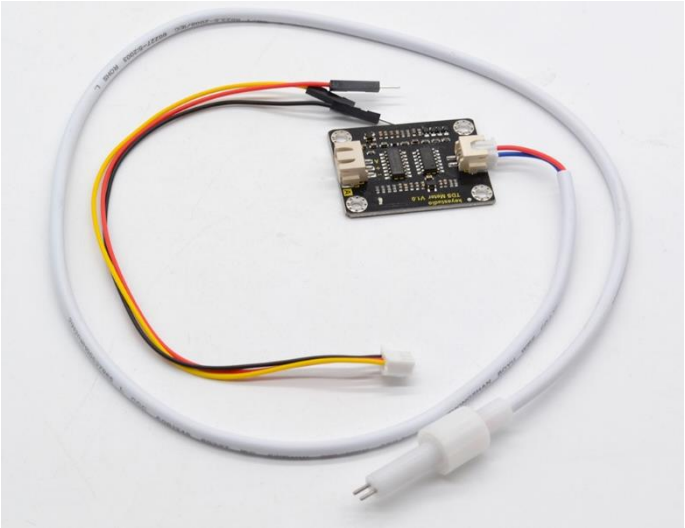


Рис.2.11. Сенсор мінералізації

Для прикладу декілька значень PPM для різних типів води:

- Чиста вода: 80-150;
- Водопровідна вода: 250-350;
- Підземні води: 500-1000;
- Морська вода: приблизно 30000.

Допустимий рівень PPM для питної води, рекомендований всесвітньою організацією охорони здоров’я - це рівень нижче 300. Вода з показником вище 300 вважається дуже «жорсткою». Також коли рівень менше 100 у воді занадто мало основних мінералів.

### 2.1.4. Передача даних

Оскільки дані з пристрою повинні передаватись на віддалений сервер, то ні Bluetooth, ні Wi-Fi технології не підійдуть. Вони обмежені радіусом роботи і будуть не зручні при роботі пристрою. У зв’язку з цим в ньому буде використовуватись GSM модуль.

GSM – це глобальний стандарт цифрового зв’язку який працює на основі розділення каналів по частотах і часу. Цей стандарт найпоширеніший у сфері передачі інформації і використовується найчастіше в мобільних телефонах.

GSM можна використовувати для передачі інформації у вигляді:

- голосова інформація;
- текстові та мультимедійні повідомлення;
- короткі повідомлення;
- дані;
- факс.

Завдяки GSM модулю результат роботи можна відразу передавати на сервер, що є достатньо зручно. Модуль працює із звичайними SIM-картками і може передавати дані двома способами: за допомогою SMS-повідомлень, або через інтернет завдяки GPRS-підключенню. Другий варіант більш зручний і тому в роботі використано цей варіант.

Існує багато версій GSM модулів, найвідоміші з яких це: A6, A7, SIM800L, SIM900. Всі вони застосовуються в системах автоматичного керування модулями у приміщеннях, віддаленими пристроями, автоматизованими системами і т.п.

У даному пристрої буде використовуватись SIM800L [18] (рис.2.12).

Рис. 2.12. GSM модуль GSM800L.

За свою низьку ціну в 4 долари він може робити дзвінки, приймати і відправляти повідомлення, обмінюватись цифровими даними через Інтернет за допомогою GPRS-мережі. В модулі є зовнішня антена, що забезпечує кращий зв'язок і передачу даних. Основні технічні характеристики модуля наведено в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5

Характеристики GSM модулю GSM800L

| | |
|---|---|
| Тип SIM-карти | MicroSIM |
| Мікросхема | MT6260SA |
| Потужність передачі | Підтримка 4х діапазонної мережі 900/1800/1900 МГц |
| Підтримка мереж | 2G, GPRS |
| Напруга живлення | 2,8-3,3 В |
| Живлення сімкарт | 1,8 В, 3В |
| Діапазон робочої температури | -30 до +75 °С |
| Інтерфейс | UART |
| Розміри | 25 х 25 см |

Детальніше про підключення. Для роботи модулю потрібне живлення 2,8В, але так як на платі є вивід 3.3В можна використати його. Більше недоліків з підключенням немає. Потрібні також контакти RXD і TXD – піни на платі Ардуіно для передачі даних, також ще потрібно підключити третій контакт до заземлення плати - GND. В залежності від модифікації модулю для коректної роботи треба підключити ці два піни навпаки. RXD до входу TX, а TXD до цифрового входу RX плати Arduino.

При першому запуску індикатор на модулі починає часто блимати, що говорить про пошук мережі. Коли мигання відбувається з більшим

інтервалом, то це сигналізує про те, що мережу знайдено, модуль успішно до неї приєднався і може приступати до роботи.

Для керування модулем по інтерфейсу UART існує набір різноманітних спеціальних AT-команд. В таблиці 2.6 наведено декілька основних таких команд.

Таблиця 2.6

AT-команди для модуля SIM800L

| Команда | Відповідь | Опис |
|---|---|---|
| **AT+CPAS** | +CPAS: 0<br>OK | Інформація про стан модуля |
| **AT+COPS?** | +COPS: 0,0,"MTS"<br>OK | Інформація про оператора |
| **AT+CSQ** | +CSQ: 8,0<br>OK | Запит якості зв’язку |
| **ATI** | SIM800 R14.18<br>OK | Запит інформації про пристрій |
| **AT+CCALR?** | +CCALR: 1<br>OK | Готовність проводити дзвінки |

Щоб працювати з модулем і відправляти якусь інформацію треба спочатку провести ініціалізацію і початкову настройку модуля. Для цього в частині setup() потрібно викликати піпрограму init_GSM(), котра перезагрузить модуль і послідовно відправить такі команди:

- AT - перевірка готовності роботи модуля.
- ATE0 – відключення режиму EXO.
- AT + GSMBUSY = 0 - заборона вхідних дзвінків.
- AT + CPAS - перевірка поточного стану модуля.
- AT + CREG? - перевірка реєстрації в мережі.

- AT + CSQ - перевірка рівня сигналу.
- AT + CBC – перевірка рівня живлення.
- AT + CUSD = 1, "* 111 #" - перевірка балансу SIM-карти.

Щоб почати роботу з пристроєм треба перевірити щоб вивід всіх команд при ініціалізації був «ОК». Після цього можна запустити іншу функцію init_GPRS(), яка відправляє в модуль такі команди:

- GPRS test
- AT+SAPBR=3,1,"APN","internet.tele2.ru"
- AT+SAPBR=3,1,"USER","tele2"
- AT+SAPBR=3,1,"PWD","tele2"
- AT+SAPBR=1,1
- AT+HTTPINIT
- AT+HTTPPARA="CID",1

Після успішної ініціалізації можна використовувати модуль в будь-яких можливих сценаріях.

### 2.2. Проектування веб-сайту

Веб-сайт є другою великою частиною цієї роботи. Будь-який сайт складається з користувальницької та серверної частин. На сторінці в мережі Інтернет ми бачимо текст, кнопки, графіки, зображення та відео. Можемо переміщатися сайтом, вільно вивчати контент. Перед вами користувацька частина сайту – frontend: візуалізація, інтерактивність та зрозумілість інтерфейсу. Бачимо гарний дизайн, підсвічені кнопки та приємні шрифти, сайтом зручно користуватися. Але як це все виглядає зсередини?

За логіку, працездатність та правильне функціонування сайту відповідає серверна частина, яка прихована від користувача. Вона

називається backend частиною, а керувати нею може лише адміністратор сайту через спеціальний інтерфейс.

Будь-який запит, який користувач робить, передається на сервер. Тут обробляються всі запити: запит обробляється, фільтрується, а відповідь відправляється назад.

Далі буде детальніше описано про використані технології для його розробки.

### 2.2.1. Технології для розробки бекенду сайту

Бекенд (backend) – це так звана «задня» сторона сайту, яка невидима користувачу, але безпосередньо вона відповідає за правильну роботу сайту. Для цієї частини сайту було вибрано фреймворк Django.

Django - це фреймворк для веб-додатків на мові програмування Python [19]. Один з його основних принципів - DRY (don't repeat yourself). Сайти на Django будуються з однієї або кількох програм, які рекомендується робити окремими модулями. Це одна з основних архітектурних розбіжностей цього фреймворку від декількох інших, наприклад, Ruby on Rails. Достатньо зручним є спосіб конфігурування URL посилань, що прописуються регулярними виразами, а не є автоматичними.

Django розроблявся для роботи під управлінням серверу Apache та з використанням бази даних PostgreSQL. В даний час, окрім PostgreSQL, Django може працювати з іншими СУБД: SQLite, MySQL, MariaDB, DB2, Microsoft SQL Server, Oracle та Firebird. Для роботи з базами даних в Django використовується власний ORM, тобто технологія у якій модель даних описується за допомогою Python класів, і вже з них генерується схема бази даних.

Архітектура Django схожа на «Модель-Вид-Контролер» (MVC). Контролер класичної моделі MVC приблизно відповідає рівню, який в Django називається Представлення (View), а бізнес логіка «виду» реалізується

шаблонами (Templates). Через це багаторівневу архітектуру Django називають "Модель-Шаблон-Представлення" (MTV).

Спочатку розробка Django велася для забезпечення зручнішої роботи з ресурсами новин, що досить сильно позначилося на архітектурі: фреймворк надає ряд засобів, які допомагають у швидкій розробці веб-сайтів інформаційного характеру. Наприклад, розробнику не потрібно створювати контролери та сторінки для адміністративної частини сайту, Django має вбудований додаток для керування вмістом, який можна включити в будь-який сайт, зроблений на Django, і який може керувати відразу кількома сайтами на одному сервері. Адміністративна програма дозволяє створювати, змінювати та видаляти будь-які об'єкти наповнення сайту, протоколюючи всі вчинені дії, та надає інтерфейс для управління користувачами та групами (з пооб'єктним призначенням прав).

Веб-фреймворк використовується в таких великих і відомих веб-додатках, як Instagram, Disqus, Mozilla, Washington Times, Pinterest та ін.

Деякі можливості Django:

- Власний ORM та API доступу до БД із підтримкою транзакцій;
- стандартна адміністративна панель з широким спектром функцій та перекладом на велику кількість мов;
- конфігуратор URL посилань на основі регулярних виразів;
- структура шаблонів, що розширюється, з тегами і успадкуванням
- можливість кешування;
- можливість зручного перекладу на інші мови;
- архітектура додатків, які можна підключати на будь-які Django-сайти;
- шаблони функцій контролерів – «generic views»;
- зручне налаштування авторизації та аутентифікації, можливість підключення сторонніх модулів для аутентифікації: LDAP, OpenID та інші.

- система фільтрів (middleware) для написання власних обробників запитів, як наприклад фільтри для кешування, стиснення, додаткові форми аутентифікації, зміна URL та підтримки анонімних сесій;
- вбудована документація за тегами шаблонів та моделей даних, яка доступна через адміністративну панель

Деякі елементи фреймворку легко пов’язані між собою, це дозволяє замінювати на аналогічні. З деякими, наприклад, ORM це зробити не дуже просто. Окрім стандартних можливостей, вбудованих у ядро фреймворку, в мережі доступно сотні великих бібліотек та менших модулів для розширення його можливостей.

На основі Django розроблено достатньо багато готових рішень, що доступні під вільною ліцензією, серед яких системи управління інтернет-магазинами, універсальні системи управління контентом, а також більш вузьконапрямлені проекти.

### 2.2.2. Технології для розробки фронтенду сайту

Відповідно та частина сайту яку бачить користувач і з чим він взаємодіє називається фронтендом (frontend). Для цієї частини сайту було вибрано бібліотеку React.

React - це бібліотека мови програмування JavaScript [20], яка використовується для створення інтерфейсу взаємодії з користувачем. React було створено компанією Facebook у березні 2013 року. Поточною версією на даний момент (жовтень 2020 року) є версія React v17.0 .

Спочатку React призначався для створення веб-сайтів, але пізніше з'явилася система React Native, яка в основному призначалася для мобільних та компактних пристроїв.

React являє собою ідеальний інструмент для розробки масштабованих веб-додатків, особливо тоді, коли сайт є односторінковим веб-додатком - SPA. Він доволі простий у освоєнні, має зручний та зрозумілий синтаксис.

Вся структура сучасного веб-додатку може бути представлена за допомогою DOM (Document Object Model) – це така організація HTML елементів, які змінювати, видаляти чи додавати нові. Для взаємодії з DOM використовується мова програмування JavaScript. Використовуючи її як для маніпулювання над елементами DOM дуже часто можна спостерігати значне зменшення продуктивності.

Для вирішення цієї проблеми виникла концепція віртуального DOM. Віртуальний DOM є значно легшою копією звичайного DOM. І основною перевагою бібліотеки React є те, що вона взаємодіє саме з віртуальним DOM, а не із звичайним.

Якщо потрібно змінити деякі елементи веб-сторінки, то зміни спочатку вносяться до віртуального DOM. Згодом новий стан віртуального DOM порівнюється з поточним станом, і якщо ці стани відмінні, то React знаходить мінімальну кількість шляхів взаємодії для оновлення поточного DOM дерева до нового стану та показує їх користувачу.

В результаті така схема взаємодії з елементами веб-сторінки працює набагато швидше і ефективніше, ніж якщо б ми взаємодіяли за допомогою JavaScrip безпосередньо з DOM.

Великою відмінністю бібліотеки від інших веб-фреймворків є увага на самостійності компонентів, тобто можна створювати окремі компоненти і потім легко переносити їх з проекту в проект. Ще одна особливість React є використання синтаксису JSX. Він представляє собою суміш коду JavaScript і XML і забезпечує інтуїтивно зрозумілий та простий вигляд коду.

React розвивається як відкритий проект і всі сайти бібліотеки доступні на ресурсі GitHub [21].

### 2.3. Сфери застосування

Система є герметичною, і це значно розширює сфери її застосування. Вона може використовуватись для аналізу стану води в криницях, річках, ставках, озерах. Можна використовувати для лабораторних вимірювань звичайних зразків рідин. Також непоганим місцем для контролю у побуті є аналіз води в акваріумах, басейнах і тому подібне.

## 3. РЕАЛІЗАЦІЯ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ЯКОСТІ ВОДИ

Розроблена система поділяється на два основні великі блоки:

1. Пристрій
2. Веб-сайт

Під пристроєм мається на увазі система, що складається з сенсорів, модулів та прошивки для неї. Як вже було описано в розділі 2 пристрій має GSM модуль, що є кінцевою ланкою в пристрої і він з'єднується з віддаленим сервером. Другий блок, тобто веб-сайт складається з кількох компонентів, мова про які буде йти далі в цьому розділі. Структурну схему системи можна побачити на рисунку 3.1.

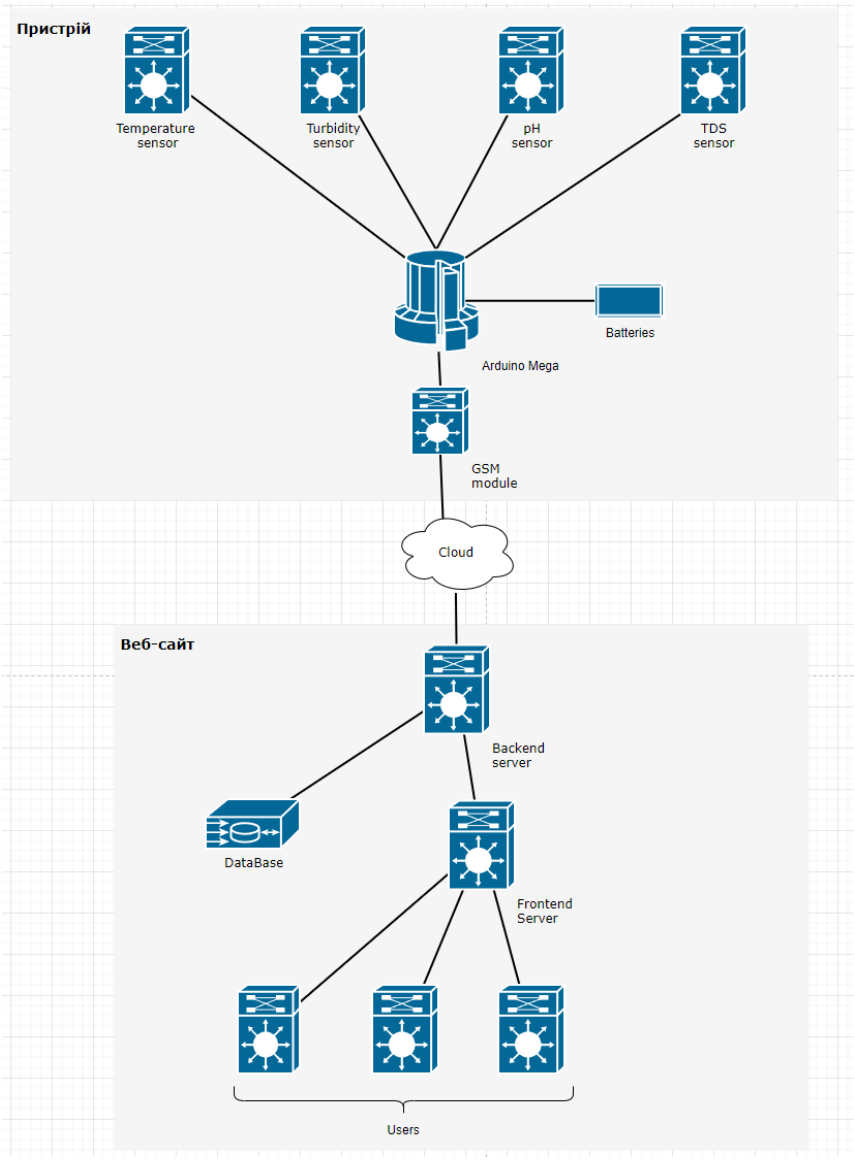



Рис.3.1. Структурна схема системи

### 3.1. Алгоритм роботи системи

Розглянемо декілька сценаріїв роботи пристрою, зображених на блок-схемах на рисунках 3.1 та 3.2.

При одноразовому вимірюванні принцип роботи починається із ввімкнення пристрою, вмикається лампочка, що сигналізує про успішний запуск і запускається таймер на 1 хвилину протягом яких необхідно помістити його у воду чи зразок рідини. Після того, як час вийшов починається обробка даних. Зчитування показників з сенсорів відбувається достатньо швидко – до 1 секунди. Далі плата Arduino обробляє дані, що теж відбувається протягом однієї секунди.

Тоді надходить черга до GSM модуля відправити дані через мережу Інтернет. Його частка часу в циклі роботи програми займає найбільше часу. Спочатку він повинен ініціалізувати SIM-картку і GSM-мережу, отримати інформацію про поточне місцезнаходження і тільки тоді відправляти дані на сервер. Після того як пристрій відправив інформацію на корпусі буде блимати світлодіод з частотою в декілька секунд, що свідчить про успішність роботи і вже після цього можна його вимикати.

Коли сервер отримує дані, то обробляє їх, зберігає в базі даних і відображає на сайті. До результатів вимірювання доступ є у всіх користувачів, а редагування чи видалення якоїсь інформації може проводити адміністратор або власник свого пристрою. Кожен власник має доступ до редагування результатів тільки своїх пристроїв.

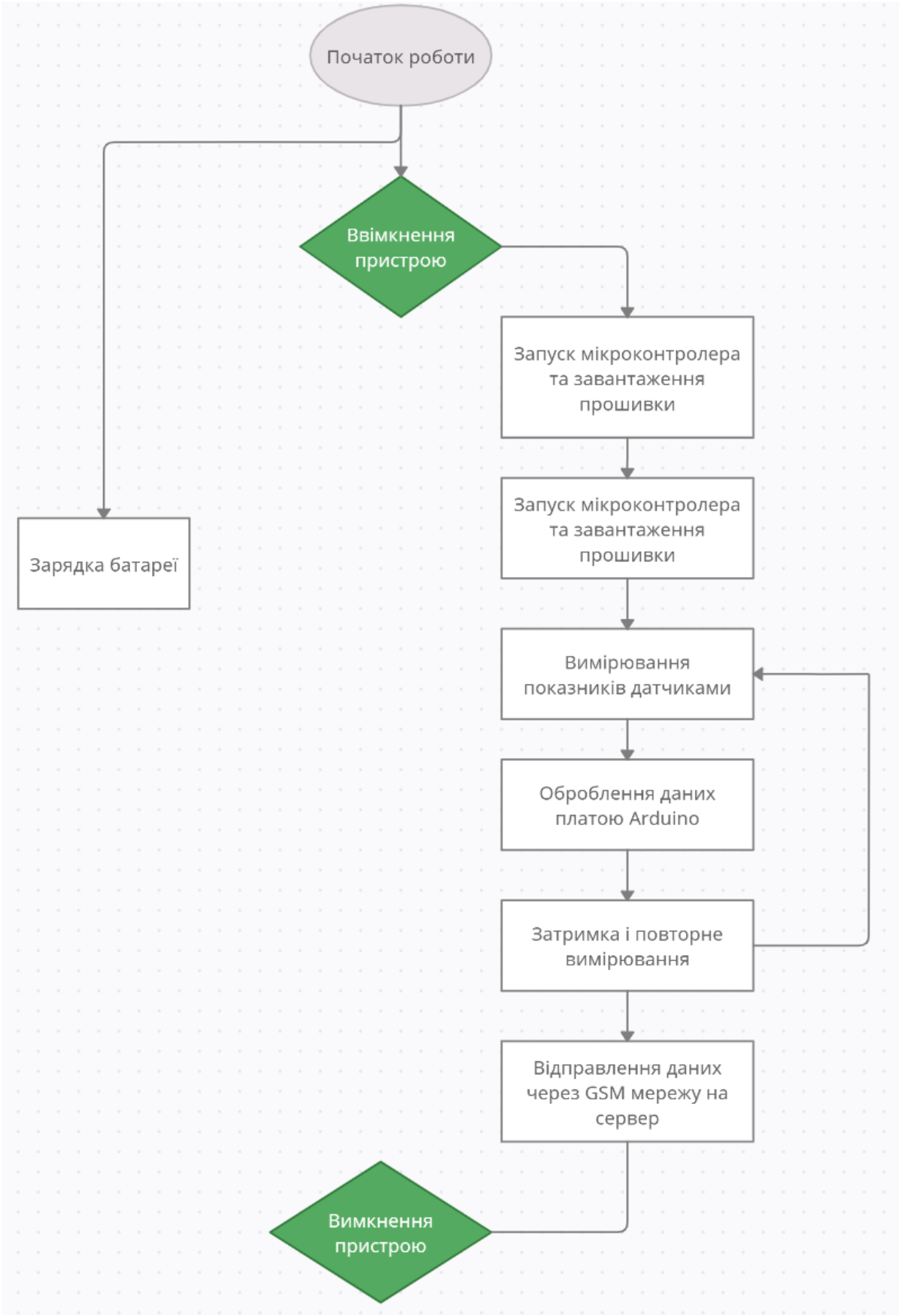



Рис.3.1. Блок-схема роботи пристрою при одиночному вимірюванні



| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | 123.УДК:004:42 | Арк. |
|---|---|---|---|---|---|---|

Інший сценарій – це періодичний аналіз коли пристрій знаходиться в якомусь резервуарі. Наприклад, потрібно декілька разів в день проводити виміри характеристик води. Схематично такий режим зображено на рисунку 3.2. Для ефективного використання ресурсів батарей потрібно розробити режим сну для пристрою. Такий режим є просто необхідним для такого виду пристрою, тому що його потрібно встановити у потенційно важкодоступне місце і він повинен автономно працювати довгий час без людського втручання.

Для такого сценарію потрібно написати спеціальну прошивку, яка буде періодично вмикати сенсори, знімати з них показання далі відправляти інформацію на сервер і після цього відключати їх, щоб не використовувати електроенергію батарей. Також потрібно переводити плату Arduino в режим сну для зменшення електроспоживання.

Порівняно з попереднім одиночним вимірюванням, цей сценарій потребує значно більшої роботи. Початок алгоритму крок у крок такий самий включно з вимірюванням, далі замість вимкнення пристрою він входить в режим сну, мова про який буде в наступному підрозділі. Очікування до наступного вимірювання програмується в залежності від побажань користувача. Вказується кількість вимірів на добу і в залежності від цього буде визначатись час сонного режиму. Після відновлення режиму роботи до нормального відбувається звичайне вимірювання параметрів і знову вхід в сонний стан.

Такі вимірювання повторюються до ручного вимкнення пристрою або вимкнення пристрою при розряджанні акумуляторних батарей.

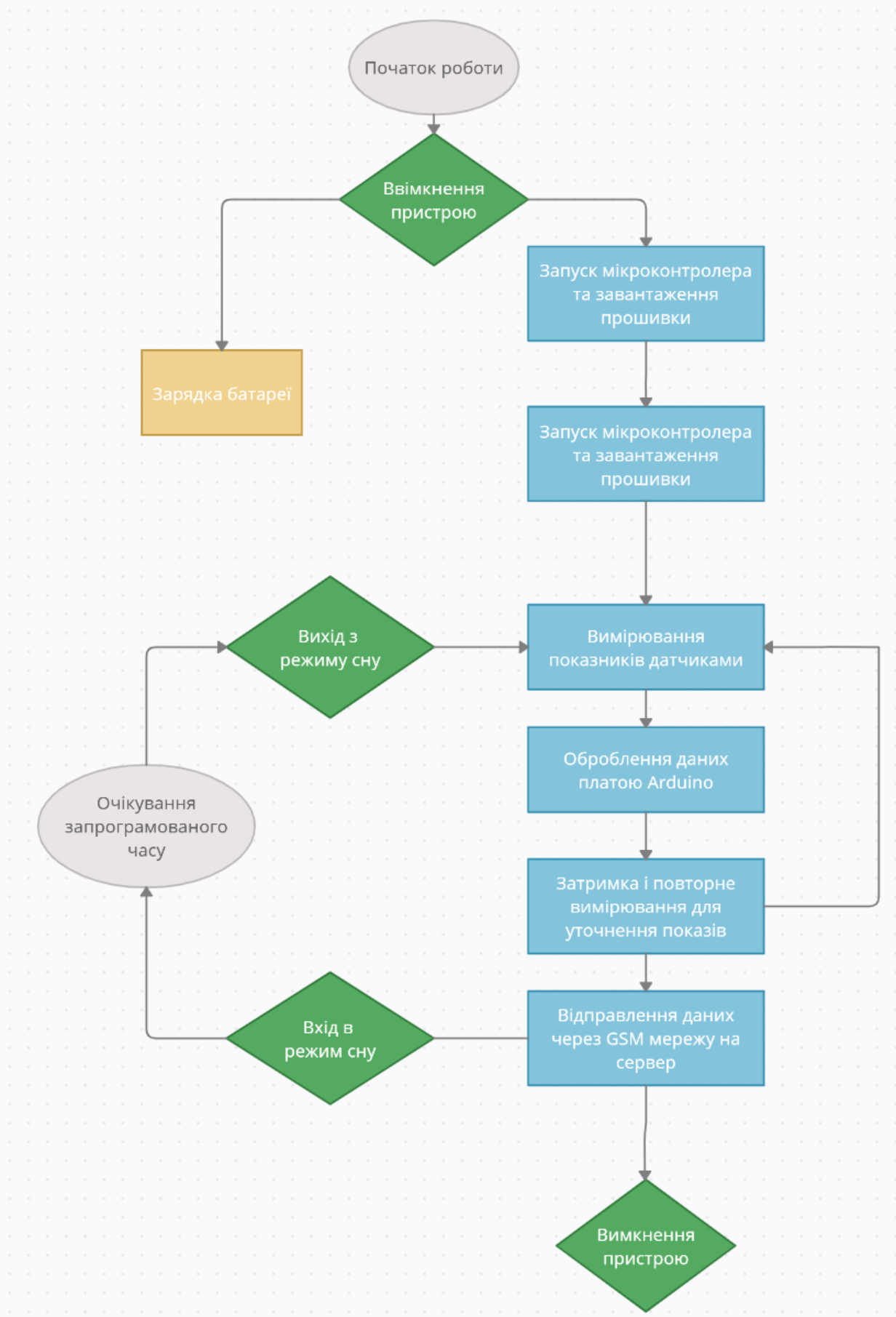



Рис.3.2. Блок-схема роботи пристрою при періодичному вимірюванні.

### 3.2. Реалізація апаратної частини пристрою

Важливою частиною цієї науково-дослідної роботи є розробка власного компоненту пристрою. Таким компонентом є сенсор мінералізації. Він дозволяє визначити рівень вмісту розчинених солей і тип жорсткості води.

#### 3.2.1. Проектування, розробка і прошивка сенсору мінералізації

Для цього сенсору не потрібна велика кількість радіо деталей, що робить його конструювання економічно ефективним кроком.

Для сенсору потрібно такі компоненти:

- Мікроконтролер з наявністю аналого-цифрового перетворювача
- Температурний сенсор
- Два провідники
- Резистор на 500 або 1000 Ом (не менше ніж 300 Ом)

Мікроконтролером виступає плата Arduino Mega. АЦП звісно в ній присутній. Температурний сенсор DS18B20 вже використовується. Він необхідний для термокомпенсації під час вимірювання. При розрахуванні коефіцієнту електропровідності потрібно обов’язково використовувати актуальну інформацію про температуру рідини, щоб показання були максимально точними.

Для вимірювання електропровідності розчину необхідно забезпечити високу частоту змінного струму не менше 1кГц. Це потрібно для усунення ефекту поляризації електроліту і для запобігання руйнування електродів при довгому вимірюванні.

Технічні характеристики:

- Вхідний постійний струм: 3,3 – 5В
- Вихідний змінний струм: 0 – 2,91В
- Діапазон вимірювання TDS: 0 – 1000 ppm
- Діапазон температури вимірювання: 1 – 60°C

- Точність вимірювання TDS: ± 5%

Замість двох однакових провідників можна використати звичайну вилку для розетки від будь-якого електричного пристрою. Вона ідеально підійде для цього сенсору, тому що в ній зафіксовані проводи однакової довжини і радіусу. Радіус потрібен при розрахунку коефіцієнтів для вимірювання, а завжди однакова відстань між провідниками робить калібрування в рази легшим.

Підключення сенсору відбувається до аналогових виходів (рис. 3.3): один провід йде напряму до $A_1$, інший через резистор на 1 кОм проходить до виходів $A_0$ і $A_4$.

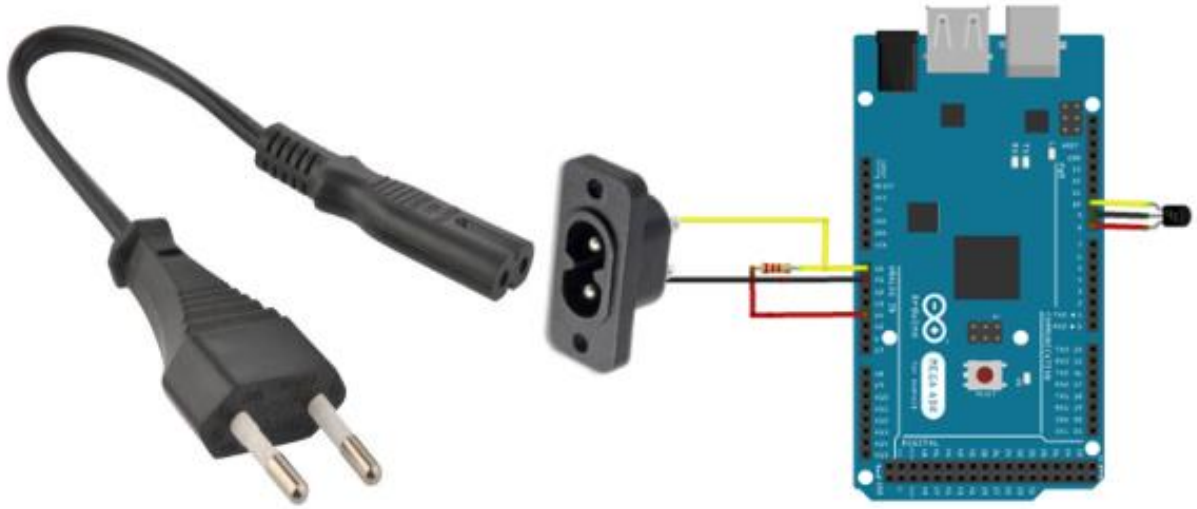


Рис. 3.3. Європейська вилка від електричного пристрою

**Принцип роботи**. PPM вираховується з електропровідності рідини (EC). Оцінка електропровідності води відбувається вимірюючи опір між двома електродами (в моєму випадку штифтами штекера), коли вилка занурена у рідину. В ідеалі вимірювання необхідно проводити за допомогою змінного струму, інакше при використанні постійного струму буде поляризована, що дасть не правдиві показники. Але якщо дуже швидко зчитувати дані при максимально швидкому використанні постійного струму можна добитись того ж самого результату. Тобто без використання додаткових елементів

зробити дешевий сенсор, який буде видавати той самий результат, що і при використанні змінного струму.

**Температурна компенсація**. Температура має великий вплив на провідність рідин, тому критично важливо компенсувати цей вплив. Зазвичай для невеликих температурних змін використовують лінійне наближення значення EC, щоб перетворити це значення на еквівалентне при температурі 25°C (формула 3.1):

$$EC25 = \frac{EC}{1+a(T-25)} \quad (3.1)$$

,де EC25 – це еквівалент електропровідності при 25°C;

EC – виміряна електропровідність;

T – температура рідини;

a = 0,019°C - коефіцієнт, що використовується для поживних розчинів.

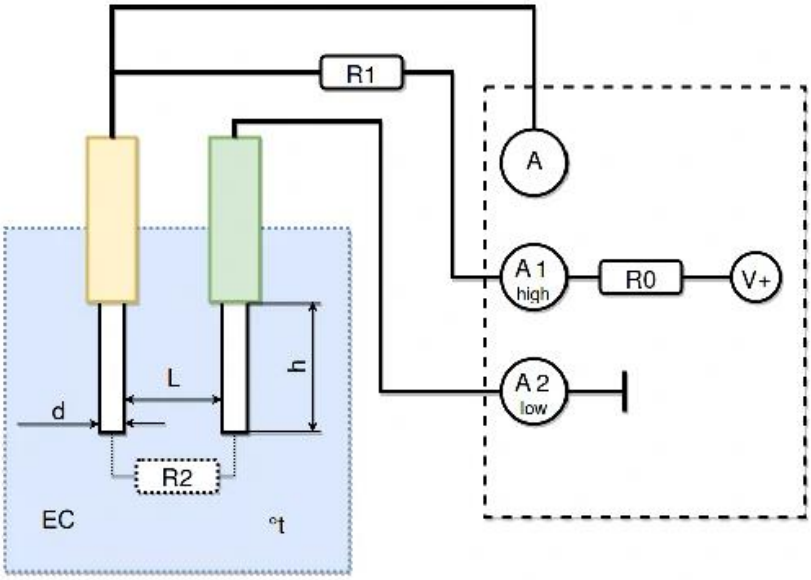



Рис. 3.4. Схематичне зображення точок опору сенсору

Ключові точки опору сенсору можна побачити на рисунку 3.4:

$R_0$ – це опір цифрових контактів на платі Arduino. Їх опір приблизно 25 Ом.

$R_1$ – це опір резистора, який було обрано для сенсору. В моєму випадку це резистор на 1кОм.

$R_2$ – це опір, який буде змінюватись відповідно до електропровідності вимірюваної рідини. Потрібно визначити мінімальні та максимальні значення, які очікую побачити для діапазону рідин для подальшого виміру, враховуючи зміни температури та константу К для провідника.

А – Аналоговий вхід А1 який знімає значення падіння напруги.

$A_1$ і $A_2$ – Входи $A_0$ і $A_4$ підключені до плати Arduino.

Умовно позитивна фаза. Аналоговий порт А0 переводиться в режим високого рівня – 1HIGH, а А4 – низького. Струм з напругою 5В направляється через розчин в сторону А4. При цьому аналоговий порт А1 повертає значення падіння напруги на цьому проміжку в цифровому вигляді. Після цього рівень А0 знову переходить в стан 0 LOW.

Умовно негативна фаза. Аналоговий порт А4 переходить в режим високого рівня – 1HIGH, а А0 – низького. Струм з напругою 5В направляється через розчин в сторону А0. При цьому аналоговий порт А1 повертає значення падіння напруги на цьому проміжку в цифровому вигляді. Після цього рівень А4 знову переходить в стан 0 LOW.

Таким чином за один цикл змін відбувається повна зміна полярності від +5В до 0 до -5В до 0. Зміни відбуваються з максимальною швидкістю – приблизно 3.5КГц для плати Arduino. Підсумкові значення виміряні за період на позитивній та негативній фазі зводяться до середніх значень, що підвищує точність виміру, а потім також усереднюютсья між собою.

Значення $R_2$ буде змінюватись відповідно до електропровідності вимірюваної рідини. Для того, щоб правильно підібрати резистор з опором при якому роздільна здатність пристрою буде найбільш точною потрібно розрахувати мінімальні та максимальні значення опорів та напруг (формули 3.2 та 3.3), які ми хочемо побачити для рідин враховуючи зміну температури

та константу К(для європейських вилок електроприладів вона становить 1,76).

$$EC = EC25 * (1 + a(T – 25)), \quad (3.2)$$

де EC25 – константа електропровідності води [25], T – температура.

$$R = (1000 / (EC * K)) + 25, \quad (3.3)$$

де EC – мінімальна і максимальна розрахована електропровідність, K – коефіцієнт із значенням 1,76.

$T_{min}$ = 0 °C, $T_{max}$ = 60 °C

$EC_{min}$ = 0.5 * (1 + 0.019(0 – 25)) = 0.26 См/см

$EC_{max}$ = 5 * (1 + 0.019(60 – 25)) = 8.32 См/см

$R_{min}$ = (1000 / $EC_{max}$ * K) +25 = (1000 / (8.32 * 1.76)) +25 = 93 Ом

$R_{max}$ = (1000 / $EC_{min}$ * K) +25 = (1000 / (0.26 * 1.76)) +25 = 2210 Ом

З цих значень можна вирахувати значення для потенційних опорів, що показано на таблиці 3.1.

Таблиця 3.1

Розрахунок

| R1, Ом | $R_{min}$ при 93 Ом | $R_{min}$ при 2210 Ом | $V_{out}$, спад напруги |
|---|---|---|---|
| 300 | 1,18 | 4,40 | 3,22 |
| 400 | 0,94 | 4,23 | 3,29 |
| 500 | 0,78 | 4,08 | 3,29 |
| 600 | 0,67 | 3,93 | 3,26 |
| 700 | 0,59 | 3,80 | 3,21 |
| 800 | 0,52 | 3,67 | 3,15 |
| 900 | 0,47 | 3,55 | 3,08 |
| 1000 | 0,43 | 3,44 | 3,02 |

З показників цієї таблиці можна зробити висновок, що найбільша різниця спостерігається при опорі $R_1$ = 500 Ом. А це означає, що роздільна

здатність буде найменшою при резисторі з таким опором. Роздільна здатність розраховується за формулою 3.4.

$$PPMconversation = (EC_{max}-EC_{min})/V_{out} * 5/1024 * 640 \quad (3.4)$$

З цього виходить, що роздільна здатність розробленого пристрою при використовуванні резистора з опором 450 Ом буде рівна 6 ч/м. Такий результат є достатньо точним, враховуючи крайні точки в значеннях норми для води.

Останнім кроком для налаштування сенсору є його калібрування. Калібрується точне значення К за допомогою вже відомого значення електропровідності рідини. Коли відоме точне К, тоді на виході будуть найкращі показники PPM.

### 3.2.2. Складання схеми і з’єднання компонентів

Для початку повинна бути побудована графічна схема в програмному середовищі, щоб мати можливість оптимізувати місце в реальному корпусі і зменшити використання дрібних ресурсів по типу проводів і т.д. Для цього ідеально підходить програмне середовище Fritzing. Це сучасний програмний комплекс з відкритим кодом, для проектування і розробки не складних САПР проектів на платформі Arduino.

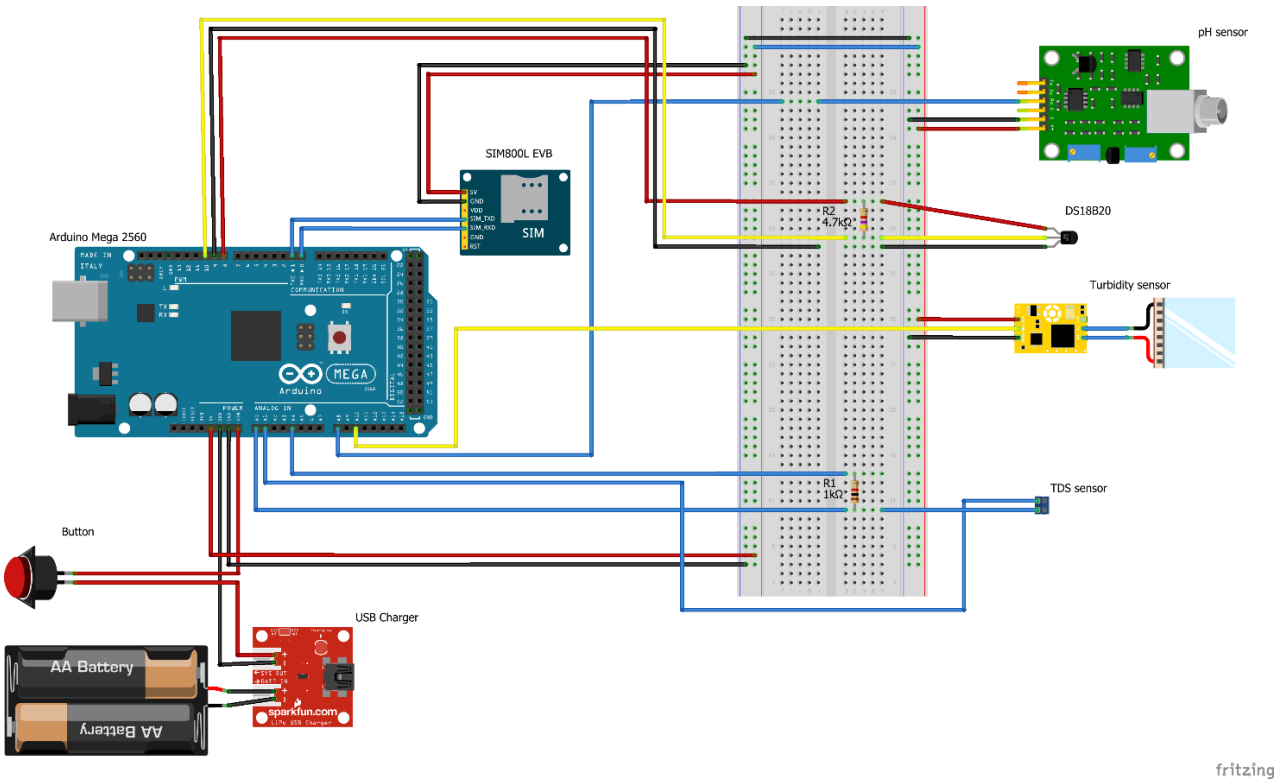



Рис.3.5. Структурна схема системи моніторингу якості води.

Як видно на схемі, що на рисунку 3.5 пристрій працює автономно завдяки двом акумуляторним батареям. Вони забезпечують живлення для усіх елементів за потреби. Їх в свою чергу потрібно заряджати по мірі використання пристрою. За це відповідає контролер заряду/розряду для Li-ion акумуляторів TP4056. Він захищає і обмежує струм поданий на заряд, максимальна сила струму може складати 2А яку видає звичайний блок живлення від смартфону. Для Li-ion акумуляторів потрібний спеціальний спосіб заряду. Спочатку напруга повільно зростає до пікових 4.2В і близько до повного заряду починає спадати, доходячи до нуля. У зв’язку з цим процес повного заряджання відбувається приблизно 1,5-2 години.

Вже з акумуляторів струм іде напряму до Arduino і живить його через вхід VIn. Важливо уточнити, що у такому способі живлення земля повинна бути у всіх підключених датчиків одна. Поступає на вхід 7.4В, тому, що акумуляторів 2 по 3.7В, він в свою чергу з’єднаний із стабілізатором напруги

перед контролером і зменшує напругу до робочих 5В. Також цей стабілізатор видає напругу для живлення усіх датчиків пристрою.

Для роботи температурного і TDS сенсорів повинні бути підключені підтягуючі резистори на 4.7 КОм і 1 КОм відповідно. Тому що без такого резистора температура буде завжди -179°С. Про їх важливість було описано в попередньому розділі.

На схемі добре видно як потрібно підключати модулі та елементи схеми. Після збирання пристрою потрібно завантажити прошивку в мікросхему.

### 3.2.3. Принципова електрична схема пристрою

Перевіривши чи всі елементи можуть бути підключені між собою, чи вистачає виходів на мікросхемі можна зібрати принципову електричну схему зображену на рисунку 3.6. Розробка принципової електричної схеми є дуже важливим етапом в проектуванні пристрою, під час якого визначається функціональна структура системи та її модулів. На схемі чітко видно як потрібно підключати проводи до плати, сенсорів і модулів.

Основними блоками електричної схеми є:

– Мікропроцесор Arduino Mega 2560;

– pH сенсор – PH Meter – 4502G;

– Температурний сенсор DS18B20 – водонепроникний зонд;

– Сенсор мутності;

– Сенсор мінералізації;

– GPS модуль SIM800L EVB;

– 2 акумуляторні батареї по 3,7В;

– Модуль для зарядки акумуляторних батарей TP4056;

– Кнопка для перемикання;

– 3 резистори на 1КОм;

– 1 резистор на 4.7КОм;

– 2 світлодіоди.

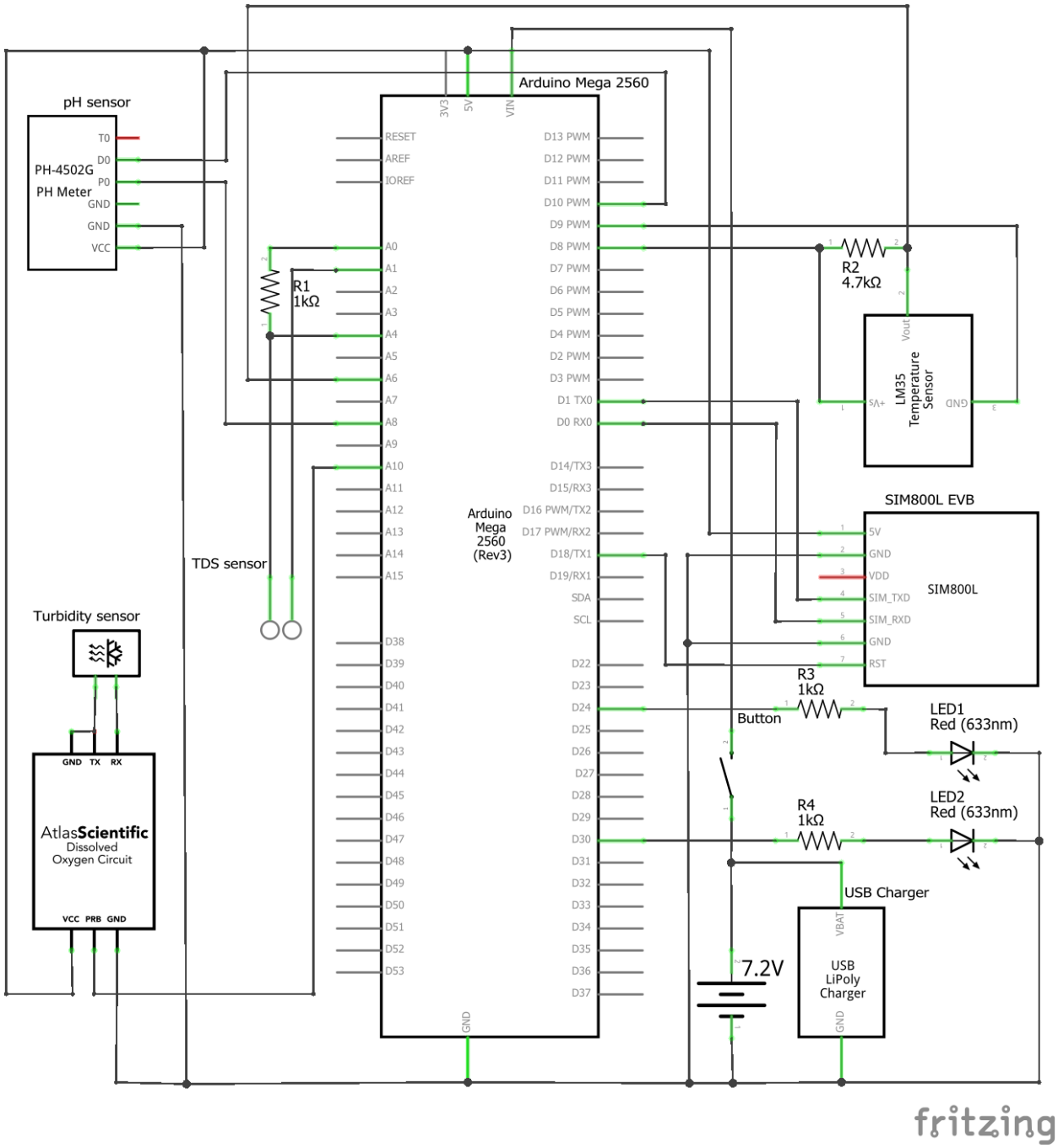



Рис.3.6. Принципова електрична схема

### 3.2.4. Прошивка пристрою

Після подачі живлення на плату Arduino Mega починає свою роботу завантажувач (Bootloader), який за перші кілька мілісекунд перевіряє наявність підключення до ПК і чи не потрібно записувати нову прошивку.

Якщо ніяких сигналів немає, то він завантажує вже записану прошивку, яка зберігається в Flash-пам'яті пристрою.

Код файлу прошивки повинен починатись з підключення необхідних бібліотек – OneWire, DallasTemperature та SoftwareSerial. Вони не є вбудованими бібліотеками Arduino і потрібні при роботі пристрою для правильної обробки отриманих даних.

Наступною частиною є оголошення виводів підключених до плати Arduino за допомогою пінів. Для цього використовується код #define. Для прикладу, визначаються піни, які використовуються сенсором температури і з використанням бібліотеки OneWire та DallasTemperature визначаються і використовуються дані з сенсору для отримання значень температури.

Далі прописується обов'язкова функція void setup() – це така функція для визначення початкових налаштувань мікроконтролера. Вона викликається і виконується тільки один раз.

В наступних функціях вже і прописана робота пристрою при різних сценаріях роботи, послідовність вимірювання і задіяння усіх модулів пристрою. Готовий код спочатку компілюється, перевіряється на помилки і тоді завантажується в мікроконтролер.

### 3.2.5. Імплементація схеми в корпус

Усі компоненти зібрані в герметичний корпус із розмірами 200*120*55. На рисунку 3.7 видно як в ньому закріплено контролер, модулі, сенсори та елементи живлення. Розташування елементів вибрано максимально компактне. Також було вирізано отвори для сенсорів, які також герметично закривались.

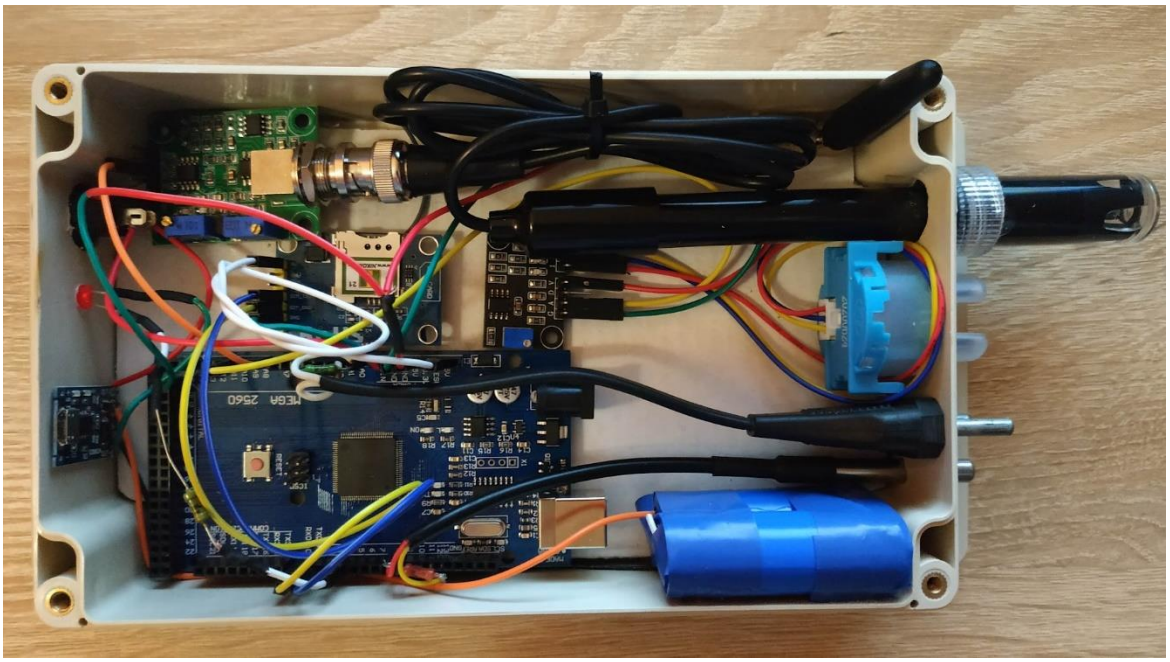


Рис.3.7. Розміщення компонентів в макетному корпусі.

На рисунку 3.8 показано зворотню сторону пристрою де знаходиться перемикач ввімкнення/вимкнення та індикатор роботи.

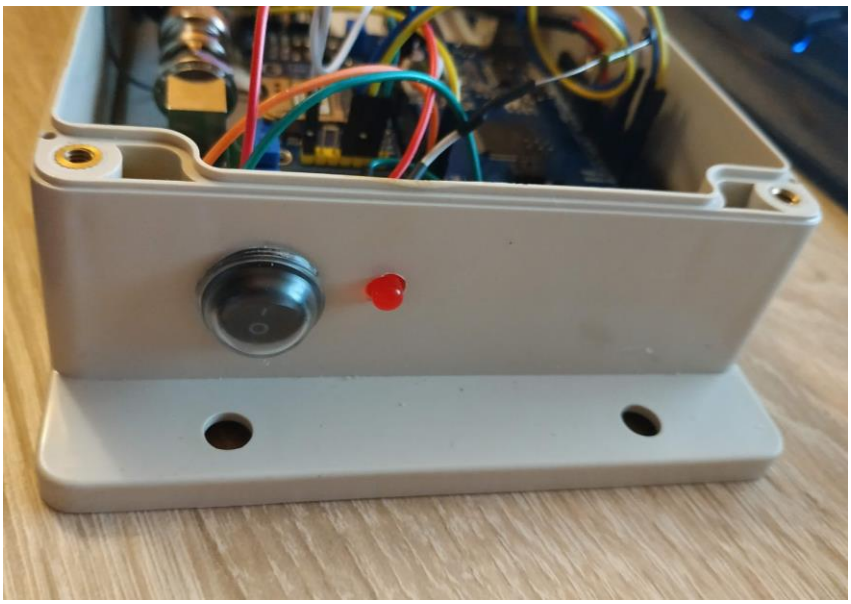


Рис. 3.8. Зворотня сторона макету пристрою.

Вид готового пристрою із закритою кришкою можна побачити на рисунку 3.9.

Рис. 3.9. Макет готового пристрою

### 3.3. Реалізація Веб-сайту

Як вже було згадано вище веб-сайт повинен відображати отриману сервером інформацію про вимірювання. В розділі 2 було описано основні дві технології для розробки веб-сайту. Сервер написано за допомогою веб-фреймворку Django мови Python. Цей фреймворк має вбудовану потужну адміністративну панель. Для того, щоб продемонструвати основну інформацію про пристрій і виміряні дані буде використано її. На рисунку 3.10 показано частину з основною інформацією про пристрій. Кожен пристрій має свій унікальний ідентифікатор та дату створення.

Генерується ідентифікатор за допомогою вбудованого Python модулю – UUIDField, що створює незмінний 32-значний об’єкт.

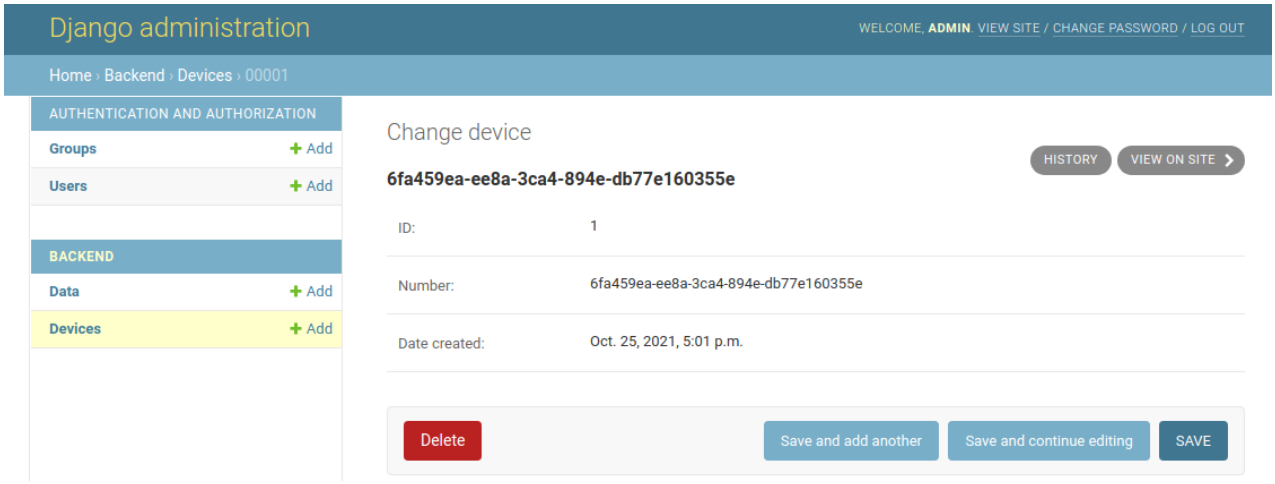



Рис. 3.10. Інформація про пристрій в адміністративній панелі сайту

Інформація, що приходить від пристрою (рис.3.11) складається з:

- Температура;
- Кислотність (pH);
- Мутність;
- Мінералізація;
- Широта і довгота для місцерозташування.

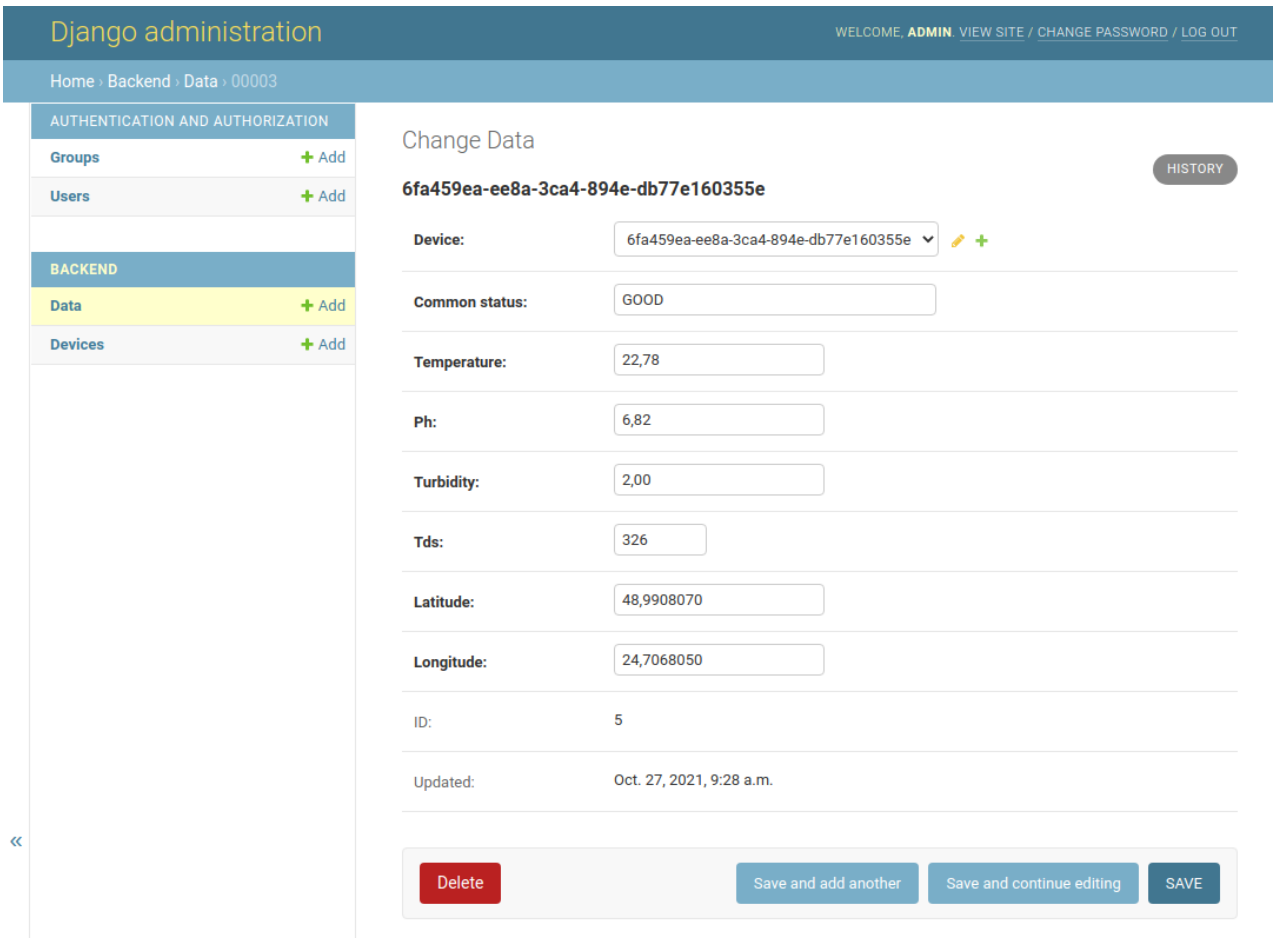



Рис. 3.11. Інформація отримана від пристрою

Після отримання інформація обробляється валідаторами, щоб уникнути помилок чи випадкових результатів. Відбувається перевірка чи не було отримано якихось аномальних результатів, якщо ж, наприклад, температура визначена в «-179 °C», або рівень мінералізації переходить межу 10 000 одиниць, то користувачу відобразиться, що з пристроєм щось не так. Отримана широта і довгота також звіряється з попередніми показниками через можливі неполадки з GPRS сигналом. Додатково зберігається дата і час отримання. Це все прикріпляється до унікального ідентифікатору пристрою.

Після такої обробки дані зберігаються в базу даних, звідки її може використати і відобразити фронтенд частина.

Рис.3.12. Показники пристрою на веб-сайті

Для прикладу на рисунку 3.12 зображено основну сторінку веб-сайту де показано вибраний пристрій і його показники. Вибравши пристрій, можна переглянути статистику вимірювання представлену в графіках і діаграмах.

# 4. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

Виконання якої-небудь науково-дослідної роботи тягне за собою витрату певних ресурсів. При розробці певного продукту ці витрати повинні наближатись до мінімально можливих, в цьому і заключається суть усіх комерційних проектів. Якщо науково-технічна розробка використовує значну кількість ресурсів і в результаті фінансова/інтелектуальна вигода від такої розробки нижчий ніж в існуючих на ринку, то така модель працювати не буде.

На основі економічних розрахунків можна обгрунтувати ефективність отриманих результатів внаслідок використання певних унікальних рішень, які відрізняються потенційно в кращу сторону відносно існуючих на ринку.

В цьому розділі буде проведено оцінку ефективності використаних рішень, їх економічну та інтелектуальну вигоду порівняно з існуючими на сьогоднішній день. Також буде описано розрахунок фінансових витрат затрачених на розробку такої системи. Буде вказано ціну кожної складової апаратного рішення, ціну розробки програмного забезпечення для пристрою та веб-сайту.

## 4.1 Оцінювання комерційного потенціалу розробки

Проведення такої оцінки є своєрідною базою, від неї залежить чи має сенс витрачені робота та ресурси в майбутньому. Чи розростеться ідея в масштабне виробництво і успішний продукт, або ж застрягне на стадії розробки через непродуману кількість підводних каменів. Такі оцінки зазвичай включають в себе розгляд блоків питань, обов’язкові з яких: реалізація ідеї; характеристики можливого ринку; переваги для споживачів; основні конкуренти; забезпечення ресурсами; збільшення обсягу фінансування при зміні напряму реалізації певних рішень.

Якщо ж продукт виявиться достатньо успішним, інші виробники дізнавшись про таку реалізацію будуть мати можливість виготовляти такі ж

чи максимально схожі продукти. Для запобігання такої ймовірності подій потрібно надійно захистити інтелектуальну власність, що лежить в основі проектування і розробки. Це є важливим фактором для успішного розвитку продукту на ринку.

### 4.2 Розрахунок витрат на комплектуючі пристрою

Фінансові витрати на комплектуючі К, які були використані при розробці і конструюванні пристрою, вираховуються за такою формулою:

$$К = \sum_i^n H_i * Ц_i * К_i \text{ (грн)} \quad (4.1)$$

, де $H_i$ – кількість комплектуючих виду і, шт.;

$Ц_i$ – вартість комплектуючих виду і, грн;

$К_i$ – коефіцієнт витрат на доставку, $К_i$ = (1,1 - 1,15);

n – загальна кількість видів використаних комплектуючих виду і.

Розрахунок витрачених коштів знаходиться в таблиці 4.1:

Таблиця 4.1 – Види та ціна комплектуючих, використаних в проекті.

| № | Найменування комплектуючих | Використано, шт | Ціна за одиницю, грн | Сума, грн |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Мікросхема Arduino Mega 2560 ATmega2560, R3 | 1 | 422 | 422 |
| 2 | Модуль pH + сенсор | 1 | 550 | 550 |
| 3 | Сенсор мутності KIE ts-300b | 1 | 330 | 330 |
| 4 | Макетна плата 400 контактів Arduino | 1 | 48 | 48 |
| 5 | Зонд температурний термометр-щуп сенсор DS18B20 | 1 | 54 | 54 |
| 6 | Модуль SIM800L EVB, 5V | 1 | 162.5 | 162.5 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 7 | Вилка для електроприладу | 1 | 20 | 20 |
| 8 | Акумулятор батарея Li-Ion LC 18500 3.7V 1800mAh | 2 | 48.5 | 97 |
| 9 | Контролер заряду розряду для li-ion акумуляторів TP4056 | 1 | 27 | 27 |
| 10 | Корпус водонепроникний пластиковий | 1 | 189 | 189 |
| 11 | Світлодіод LED F5 | 3 | 1 | 3 |
| 12 | Резистор 1 КОм | 1 | 0.5 | 0.5 |
| 13 | Резистор 4.7 КОм | 1 | 0.5 | 0.5 |
| 14 | Перемикач подвійний KCD11 з водонепроникною кришкою | 1 | 5 | 5 |
| 15 | З`єднувальні провідники 20см | 2 | 35 | 70 |
| | Усього | 1978.5 | | |
| | Сума з урахуванням витрат на доставку: | 1978.5 · 1.1 = 2176.35 (грн) | | |

Варто врахувати витрати на використану електроенергію - $В_е$ - при конструюванні пристрою, розробці його прошивки та веб-сайту. Для обчислення $В_е$ існує така формула:

$$В_е = В * П * Ф * К_п \text{ (грн)} \quad (4.2)$$

, де В – це вартість 1 кВт-годин електроенергії (1.44 грн/кВт);

П – максимальна споживана потужність встановленого обладнання, кВт;

Ф – кількість фактичної роботи обладнання;

$К_п$ – коефіцієнт середньої використаної потужності відносно максимальної.

З цього випливає:

$$В_е = 1.44 \cdot 0,4 \cdot 400 \cdot 0,5 = 115.2 \text{ грн}$$

Така сума вийшла при розробці першого пристрою та сайту. В подальшому, якщо буде потрібно випускати такі пристрої, то сума $В_е$

зменшується в 10 разів, тому, що прошивка вже розроблена і сайт також готовий. Приблизна збірка і прошивка нового пристрою може займати до 4 годин.

Для підтримання веб-сайту постійно в робочому стані потрібно щомісячно оплачувати послуги хостинг-сервісу. В середньому хостинг для веб-сайтів коштує 125-170 грн/місяць. Якщо ж купити хостинг на один рік, то можна вкластись в суму 1100грн, що є достатньо дешево.

# ВИСНОВКИ

В ході виконання магістерської роботи були розглянуті проблеми, особливості та види забрудненості водних ресурсів. Були розглянуті фізичні та хімічні параметри, що впливають на стан води та як їх виміряти. Проведено аналіз існуючих на ринку схожих рішень.

В результаті роботи була спроектована і розроблена система для аналізу водних ресурсів, що складається з двох основних частин. А це пристрій на базі мікроконтролера ATmega2560 на платі Arduino та веб-сайт. Реалізовано пристрій за допомогою платформи Arduino разом з сенсорами для вимірювання і GSM модулем для передачі інформації. За допомогою сенсорів можна дізнатись про такі характеристики рідини: кислотність, температура, мутність, мінералізація. Було розроблено власний сенсор мінералізації. Він вимірює рівень розчинених солей і мінералів, що може сказати про її безпечність для вживання та смакові якості.

В результаті було досягнуто наступне:

- Досліджено фізичні та хімічні характеристики води;
- Проаналізовано існуючі аналогічні пристрої для аналізу стану води;
- Спроектовано і реалізовано сенсор для вимірювання мінералізації води;
- Розроблено електричну схему пристрою для мікросхеми, сенсорів і модулів;
- За допомогою електричної схеми зібрано пристрій в герметичному корпусі;
- Розроблено прошивку для сенсора мінералізації і пристрою в цілому;
- Розроблено веб-сайт для відображення виміряних даних.

Система може застосовуватись при аналізі води, на виробництві для здійснення контролю різних технологічних процесів. Можна також використовувати систему в побуті для контролю води в акваріумі, басейні та для різних екологічних проб.

## СПИСКИ ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ


1. Water resources [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.greenfacts.org/en/water-resources/index.htm#2
2. Мягченко О.П. Основи екології. Підручник. // К.: Центр учбової літератури, 2010. – 312 с.
3. «Where is Earth's Water?» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.usgs.gov/special-topic/water-science-school/science/where-earths-water?qt-science_center_objects=0#qt-science_center_objects
4. Claude E.Boyd, “Water Quality, edition 3”, 2020, XI - 440
5. Хільчевський В. К., Осадчий В. І., Курило С. М. Основи гідрохімії: Підручник: Ніка-Центр, 2012. — 312 с. — ISBN 978-966-521-559-2
6. В. К. Хільчевського і О. Г. Ободовського - «Загальна гідрологія» 2-ге вид., доповнене. - К.: ВПЦ «Київський університет», 2008. - 399 с. - ISBN 978-966-439-016-0
7. "Water Q&A: Why is water the "universal solvent"?"[Електронний ресурс]. – Режим доступу: www.usgs.gov. (U.S. Department of the Interior).
8. PH-метр стаціонарний MP 511 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://spectrolab.com.ua/ua/p21312321-metr-statsionarnyj-511.html
9. Портативний pH-метр HI 83141 (pH/mV/T) HANNA. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://spectrolab.com.ua/ua/p23289629-portativnyj-metr-83141.html
10. PH-метр Milwaukee MW101. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://spectrolab.com.ua/ua/p27801028-metr-milwaukee-mw101.html
11. What is Arduino? [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction
12. Arduino IDE. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.arduino.cc/en/software

13. Arduino Mega 2560 Pinout. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://arduino.zl3p.com/infa/pins_mega
14. What is pH? [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://sensorex.com/ph-sensors-3/
15. Turbidity Sensor [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.electroniclinic.com/turbidity-sensor-with-arduino-for-water-quality-monitoring-turbidity-meter/
16. DS18B20 1-Wire Digital Temperature Sensor [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://lastminuteengineers.com/ds18b20-arduino-tutorial/
17. TDS Sensor [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://how2electronics.com/tds-sensor-arduino-interfacing-water-quality-monitoring/
18. SIM800L. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://codius.ru/articles/GSM_%D0%BC%D0%BE%D0%B4%D1%83%D0%BB%D1%8C_SIM800L_%D1%87%D0%B0%D1%81%D1%82%D1%8C_1
19. Django info. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.djangoproject.com/
20. React info. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://reactjs.org/
21. React library. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://github.com/facebook/react

ДОДАТОК А

Hardware

Main.ino

```
#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>
#include <SoftwareSerial.h>
#include <TDSlibrary.h>
// GSM module
#include "SIM800.h"
#define TX 10
#define RX 11
#define t 2000

SoftwareSerial mySerial(RX, TX);

#define SensorPin A2            //pH meter Analog output to Arduino Analog Input 0
#define Offset 0.00            //deviation compensate
unsigned long int avgValue;     //Store the average value of the sensor feedback

// Data wire is plugged into pin 2 on the Arduino
#define ONE_WIRE_BUS 6

SoftwareSerial mySerial(7, 8);

// Setup a oneWire instance to communicate with any OneWire devices (not just Maxim/Dallas
temperature ICs)
OneWire oneWire(ONE_WIRE_BUS);

// Pass our oneWire reference to Dallas Temperature.
DallasTemperature sensors(&oneWire);

int sensorPin = A0;
float phValue;
float temperatureC;
long duration, cm;

void setup(void)
{
  // start serial port
  Serial.begin(9600);
  // Start up the library
  sensors.begin(); // IC Default 9 bit. If you have troubles consider upping it 12. Ups the delay
giving the IC more time to process the temperature measurement
}

void loop() {
  sensors.requestTemperatures(); // Send the command to get temperature
  Serial.println(sensors.getTempCByIndex(0));
  int reading = analogRead(sensorPin);

  // converting that reading to voltage,
```

```
  float voltage = reading * 5.0;
  voltage /= 1024.0;

  // now print out the temperature
  float temperatureC = (voltage - 0.5) * 100 ;
  PH();
  temperature ();
  turbidity();
  send_data();
  delay(4000);


  while (!con);

  for (;;) {
    con.print("Resetting...");
    while (!gprs.init());
    con.println("OK");

    con.print("Setting up network...");
    byte ret = gprs.setup(APN);
    if (ret == 0)
      break;
    con.print("Error code:");
    con.println(ret);
  }
  con.println("OK");

  for (;;) {
    if (gprs.httpInit()) break;
    con.println(gprs.buffer);
    gprs.httpUninit();
    delay(1000);
  }
}

void PH(){
  Serial.println(" ");
  Serial.println("Taking Readings from PH Sensor");
  int buf[10];                //buffer for read analog
  for(int i=0;i<10;i++)       //Get 10 sample value from the sensor for smooth the value
  {
    buf[i]=analogRead(SensorPin);
    delay(10);
  }
  for(int i=0;i<9;i++)        //sort the analog from small to large
  {
    for(int j=i+1;j<10;j++)
    {
      if(buf[i]>buf[j])
      {
```

```
        int temp=buf[i];
        buf[i]=buf[j];
        buf[j]=temp;
      }
    }
  }
  avgValue=0;
  for(int i=2;i<8;i++)                      //take the average value of 6 center sample
    avgValue+=buf[i];
  float phValue=(float)avgValue*3.8/1030/6; //convert the analog into millivolt
  phValue=3.3*phValue+Offset;                      //convert the millivolt into pH value
  Serial.print("pH:");
  Serial.print(phValue,2);
  Serial.println(" ");

  if(phValue >= 7.30){
    Serial.print("PH VALUE: ");
    Serial.println(phValue);
    Serial.println("Water Alkalinity high");
    delay(3000);
   }

  if(phValue >= 6.90 && phValue <= 7.19){
    Serial.print("PH VALUE: ");
    Serial.println(phValue);
    Serial.println("Water Is  neutral (safe)");
  }

  if(phValue < 6.89){
    Serial.print("PH VALUE: ");
    Serial.println(phValue);
    Serial.println("Water Acidity High");
    delay(3000);
   }

  delay(8000);
}


void temperature (){
  Serial.println(" ");
  Serial.println("Taking Readings from Temperature Sensor");
  delay(4000);
  temp_check_water();
}

void temp_check_water(){
  sensors.requestTemperatures(); // Send the command to get temperature
  Serial.print("Water Temperature: ");
  Serial.println(sensors.getTempCByIndex(0));
```

```
  if(sensors.getTempCByIndex(0) > 40){
    Serial.print("Water Temperature: ");
    Serial.print(sensors.getTempCByIndex(0));
    Serial.println(" degree C");
    Serial.println("Water Temperature high");
    delay(3000);
  }

  if(sensors.getTempCByIndex(0) >= 15 && sensors.getTempCByIndex(0) <= 40){
    Serial.print("Water Temperature: ");
    Serial.print(sensors.getTempCByIndex(0));
    Serial.println(" degree C");
    Serial.println("Water Temperature normal");
  }

  if(sensors.getTempCByIndex(0) < 15){
    Serial.print("Water Temperature: ");
    Serial.print(sensors.getTempCByIndex(0));
    Serial.println(" degree C");
    Serial.println("Water Temperature low");
    delay(3000);
  }
  delay(8000);
}

void turbidity() {
  Serial.println(" ");
  Serial.println("Taking Readings from turbidity Sensor");
  int turbidityValue = analogRead(A1);
  float turbidityV = turbidityValue/100;
  Serial.print("Turbidity level: ");
  Serial.println(turbidityV);

  if( turbidityV > 9){
    Serial.print("Turbidity Level: ");
    Serial.print(turbidityV);
    Serial.println("NTU");
    Serial.println("Water Very Clean ");
    delay(3000);
  }

  if( turbidityV >= 6 && turbidityValue/100 <= 9 ){
    Serial.print("Turbidity Level: ");
    Serial.print(turbidityV);
    Serial.println("NTU");
    Serial.println("Water Clean ");
  }

  if( turbidityV < 6){
    Serial.print("Turbidity Level: ");
    Serial.print(turbidityV);
```

```
    Serial.println("NTU");
    Serial.println("Water Very Dirty ");
    delay(3000);
   }
  delay (8000);
}

void TDS()
{
  int print_results = PrintReadings();
  Serial.print(print_results);
  delay(5000);
}


void send_data(){
  String temp;
  String phm;
  String turb;
  int turbidityValue = analogRead(A1);
  float turbidityV = turbidityValue/100;

  int buf[10];                //buffer for read analog
  for(int i=0;i<10;i++)       //Get 10 sample value from the sensor for smooth the value
  {
    buf[i]=analogRead(SensorPin);
    delay(10);
  }
  for(int i=0;i<9;i++)        //sort the analog from small to large
  {
    for(int j=i+1;j<10;j++)
    {
      if(buf[i]>buf[j])
      {
        int temp=buf[i];
        buf[i]=buf[j];
        buf[j]=temp;
      }
    }
  }
  avgValue=0;
  for(int i=2;i<8;i++)                      //take the average value of 6 center sample
    avgValue+=buf[i];
  float phValue=(float)avgValue*3.8/1030/6; //convert the analog into millivolt
  phValue=3.3*phValue+Offset;

    if(sensors.getTempCByIndex(0) > 40){
    temp = String("HIGH");
    }
    if(sensors.getTempCByIndex(0) >= 10 && sensors.getTempCByIndex(0) <= 40){
    temp = String("NORMAL");
```

```
  }
  if(sensors.getTempCByIndex(0) < 10){
   temp = String("LOW");
  }

  if(phValue >= 7.30){
  phm = String("ALKALINE");
  }
  if(phValue >= 6.90 && phValue <= 7.19){
  phm = String("NORMAL");
  }
  if(phValue < 6.89){
   phm = String("ACIDIC");
  }

  if(turbidityV >= 6 && turbidityValue/100 <= 9){
  turb = String("CLEAN");
  }
  if(turbidityV < 6){
  turb = String("DIRTY");
  }

gprs.httpConnect(url);
while (gprs.httpIsConnected() == 0) {
  // can do something here while waiting
}
if (gprs.httpState == HTTP_ERROR) {
  con.println("Connect error");
  return;
}
con.println();
gprs.httpRead();
int ret;
while ((ret = gprs.httpIsRead()) == 0) {
  // can do something here while waiting
}
if (gprs.httpState == HTTP_ERROR) {
  con.println("Read error");
  return;
}

// now we have received payload
con.print("[Payload]");
con.println(gprs.buffer);

// show position
GSM_LOCATION loc;
if (gprs.getLocation(&loc)) {
  con.print("LAT:");
  con.print(loc.lat, 6);
  con.print(" LON:");
```

```
    con.print(loc.lon, 6);
    con.print(" TIME:");
    con.print(loc.hour);
    con.print(':');
    con.print(loc.minute);
    con.print(':');
    con.println(loc.second);
  }
  delay(3000);
}
```

TSDlibrary.ino

```
#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>

int R1=1000;
int Ra=25; //Resistance of powering Pins
int ECPin=A0;
int ECGround=A1;
int ECPower=A4;


//*********** Converting to ppm [Learn to use EC it is much better**************//
// Hana      [USA]        PPMconverion:  0.5
// Eutech    [EU]         PPMconversion:  0.64
//Tranchen  [Australia]  PPMconversion:  0.7

float PPMconversion=0.64;

float TemperatureCoef = 0.019; //this changes depending on what chemical we are measuring

float K=1.76;


//************ Temp Probe Related ******************************************//
#define ONE_WIRE_BUS 10          // Data wire For Temp Probe is plugged into pin 10 on the
Arduino
const int TempProbePossitive=8;  //Temp Probe power connected to pin 9
const int TempProbeNegative=9;    //Temp Probe Negative connected to pin 8

OneWire oneWire(ONE_WIRE_BUS);// Setup a oneWire instance to communicate with any
OneWire devices
DallasTemperature sensors(&oneWire);// Pass our oneWire reference to Dallas Temperature.


float Temperature=10;
float EC=0;
float EC25=0;
int ppm=0;
```

```
float raw=0;
float Vin=5;
float Vdrop=0;
float Rc=0;
float buffer=0;


void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  pinMode(TempProbeNegative , OUTPUT ); //seting ground pin as output for tmp probe
  digitalWrite(TempProbeNegative , LOW );//Seting it to ground so it can sink current
  pinMode(TempProbePossitive , OUTPUT );//ditto but for positive
  digitalWrite(TempProbePossitive , HIGH );
  pinMode(ECPin,INPUT);
  pinMode(ECPower,OUTPUT);//Setting pin for sourcing current
  pinMode(ECGround,OUTPUT);//setting pin for sinking current
  digitalWrite(ECGround,LOW);//We can leave the ground connected permanantly

  delay(100);// gives sensor time to settle
  sensors.begin();
  delay(100);
  //** Adding Digital Pin Resistance to [25 ohm] to the static Resistor *********//
  // Consule Read-Me for Why, or just accept it as true
  R1=(R1+Ra);// Taking into acount Powering Pin Resitance

  Serial.println("ElCheapo Arduino EC-PPM measurments");
  Serial.println("By: Michael Ratcliffe  Mike@MichaelRatcliffe.com");
  Serial.println("Free software: you can redistribute it and/or modify it under GNU ");
  Serial.println("");
  Serial.println("Make sure Probe and Temp Sensor are in Solution and solution is well mixed");
  Serial.println("");
  Serial.println("Measurments at 5's Second intervals [Dont read Ec morre than once every 5
seconds]:");
};

 void loop()
{

GetEC();          //Calls Code to Go into GetEC() Loop [Below Main Loop] dont call this more
that 1/5 hhz [once every five seconds] or you will polarise the water
PrintReadings();  // Cals Print routine [below main loop]
delay(5000);
}

void GetEC(){

//*********Reading Temperature Of Solution *******************//
sensors.requestTemperatures();// Send the command to get temperatures
Temperature=sensors.getTempCByIndex(0); //Stores Value in Variable
```

```
//************Estimates Resistance of Liquid ****************//
digitalWrite(ECPower,HIGH);
raw= analogRead(ECPin);
raw= analogRead(ECPin);// This is not a mistake, First reading will be low beause it charged a
capacitor
digitalWrite(ECPower,LOW);

//***************** Converts to EC **************************//
Vdrop= (Vin*raw)/1024.0;
Rc=(Vdrop*R1)/(Vin-Vdrop);
Rc=Rc-Ra; //acounting for Digital Pin Resitance
EC = 1000/(Rc*K);


//*************Compensating For Temperaure********************//
EC25  =  EC/ (1+ TemperatureCoef*(Temperature-25.0));
ppm=(EC25)*(PPMconversion*1000);
;}

void PrintReadings(){
Serial.print("Rc: ");
Serial.print(Rc);
Serial.print(" EC: ");
Serial.print(EC25);
Serial.print(" Simens  ");
Serial.print(ppm);
Serial.print(" ppm  ");
Serial.print(Temperature);
Serial.println(" *C ");

};
```