

Д.В. Гончаренко,  
В.Б. Мокін,  
Д.П. Проценко,  
Г.В. Горячев,  
І.В. Варчук

## ІОТ-СИСТЕМА ВИМІРЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ СТАНУ ВОД НА БАЗІ SIGFOX

Вінницький національний технічний університет

### *Анотація*

*Розроблено IoT-систему для вимірювання параметрів води на основі Sigfox. Вона забезпечує моніторинг рівня забруднень та стану водних ресурсів у реальному часі. Система передає дані через мережу Sigfox, що дозволяє віддалений контроль та аналіз. Використання цієї технології сприяє підвищенню ефективності заходів з охорони довкілля та забезпечує швидке реагування на зміни у водних системах.*

**Ключові слова:** інформаційна система, Інтернет речей, Sigfox, IoT-система, моніторинг, температура, рН, каламутність, прототип.

### *Abstract*

*An IoT system has been developed for measuring water parameters based on Sigfox. It enables real-time monitoring of pollution levels and the condition of water resources. The system transmits data via the Sigfox network, allowing for remote control and analysis. Utilizing this technology enhances the effectiveness of environmental protection measures and ensures swift response to changes in water systems.*

**Keywords:** information system, Internet of Things, Sigfox, IoT system, monitoring, temperature, pH, turbidity, prototype.

### **Вступ**

Дослідження стану води у водоймах України є складним завданням, яке потребує комплексного підходу. Цьому заважають численні проблеми, що й роблять дослідження таким актуальним. Серед них, забруднення води, зміна гідрологічного режиму, нестача даних для аналізу та дослідження. У роботі Григорія Хаєцького [1] здійснено аналіз якості води річки Південний Буг в умовах висхідного антропогенного навантаження. Під час дослідження встановлено, що за результатами гідрохімічного забору води показники вимірювань свідчать про забруднення вод річки Південний Буг органічними сполуками, нітратами та фосфатами. Ці результати підкреслюють необхідність створення інформаційних систем моніторингу для ефективного контролю та збереження якості водних ресурсів. Наразі в Україні відсутня комплексна система моніторингу стану водних ресурсів. Відсутність такої системи має ряд негативних наслідків, серед яких неможливість ефективного управління водними ресурсами, погіршення якості води та економічні збитки від забруднення.

Метою даного дослідження була розробка IoT-системи вимірювання стану вод на базі Sigfox.

### **Проектування IoT системи**

IoT-систему розроблено з метою забезпечення моніторингу водних ресурсів. Однією з ключових функцій є збір даних про фізичні та хімічні характеристики води, такі як: температура, рН, каламутність тощо. Система використовує датчики та сенсори для забезпечення точних та регулярних вимірювань, а також має можливість функціонувати в режимі реального часу. Важливим є можливість виявлення системою незвичайних аномалій або великих коливань показників у параметрах води. Такий підхід дозволяє запобігати аварійним ситуаціям та ефективно управляти якістю водних ресурсів.

Для проектування системи моніторингу стану вод використано метод зі статті «Побудова інформаційної системи моніторингу фізичних показників на основі технології «Інтернет речей» [2]. У даній роботі було запропоновано підхід до визначення оптимальної технології на основі експертних оцінок та багатокритеріального аналізу. В результаті аналізу встановлено, що оптимальною

технологією є Sigfox, а оптимальною IoT-платформою – ThingSpeak. Застосувавши аналогічний підхід до вибору мікроконтролера та датчиків визначено, що найкращим варіантом серед мікроконтролерів є Arduino Uno, а серед датчиків – DS18B20 (датчик температури), PH DFRobot (датчик PH), Sen0189 (датчик каламутності). З урахуванням даних рекомендацій оптимальна архітектура системи виглядає наступним чином:

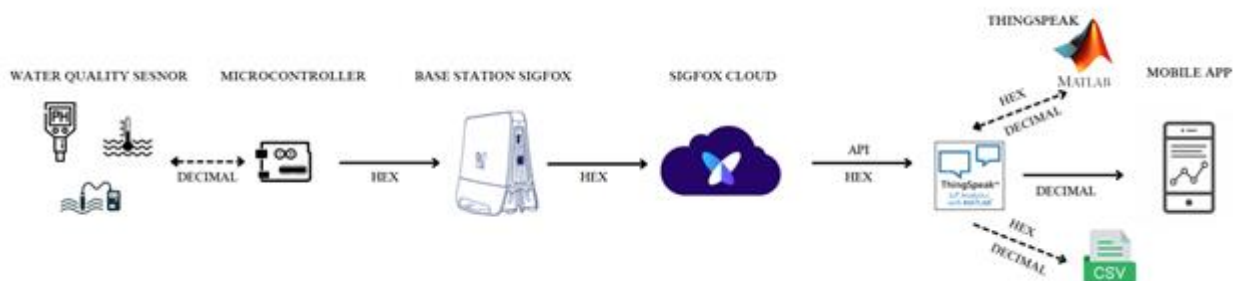


Рисунок 1 – Оптимальна архітектура системи

Дані із датчиків передаються через базову станцію Sigfox до хмари. За допомогою API дані із Sigfox Cloud потрапляють до платформи ThingSpeak, де за допомогою скриптів Matlab здійснюється декодування та обробка даних. Оброблені дані візуалізуються на графіках. Дані із ThingSpeak можна експортувати у форматі csv. Окрім того, вони можуть бути передані до мобільного додатка.

Характеристики обраних датчиків наведено у таблиці 1:

Таблиця 1. Технічні характеристики обраних датчиків

Характеристика	DS18B20	PH DFRobot	Sen0189
Тип датчика	Температурний	PH	Каламутності
Діапазон вимірювань	-55°C до +125°C	0 до 14 pH	0 до 3.5 NTU
Точність	±0.5°C (з -10°C до +85°C)	±0.1 pH	±0.5 NTU
Зв'язок інтерфейсу	1-дротовий (OneWire)	Аналоговий (зворотній напруговий)	Аналоговий (зворотній напруговий)
Живлення	3.0V до 5.5V	5V	5V
Витрата струму	1 mA (максимум)	5 mA (типово)	40 mA (типово)

### Практична реалізація прототипу IoT системи та його випробування

На основі отриманих рекомендацій щодо архітектури системи та набору обладнання сконструйовано пристрій, який вимірює показники температури, PH, каламутності та передає їх до Sigfox. В межах експерименту з вибору місць спостережень за станом води проведено спостереження в одній точці водойми (рис. 2):



Рисунок 2 – Фото з випробування пристрою

Підключений до джерела живлення пристрій було спущено на воду для фіксування показників (рис. 3):



Рисунок 3 – Пристрій фіксації стану вод

Протягом певного часу пристрій перебував у воді, щоб зафіксувати достатньо показників. Усі зафіксовані пристроєм показники про стан води було передано через мережу Sigfox до IoT-платформи ThingSpeak. Дані було відображено на відповідних графіках:

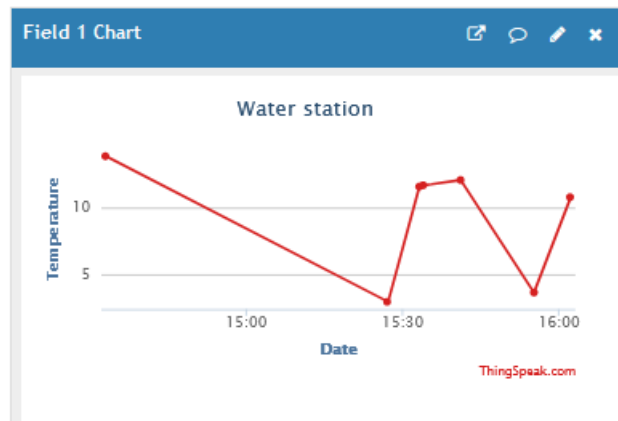


Рисунок 4 - Візуалізація декодованих даних на платформі ThingSpeak на прикладі показника температури

### Висновки

У даній роботі розроблено IoT-систему вимірювання параметрів стану вод на базі Sigfox. За допомогою багатокритеріального аналізу встановлено оптимальні для даної задачі мікроконтролер та датчики. На основі отриманих рекомендацій розроблено пристрій для моніторингу. Його було перевірено у природних умовах у водоймі. Експериментальне застосування показало, що датчики збирають потрібну інформацію та передають, за допомогою Sigfox, дані до хмари. За допомогою API дані передаються до IoT-платформи для декодування та аналізу. Оброблені дані виводяться у вигляді графіку. Тому, дане дослідження показує можливість застосування даного прототипу для дослідження стану вод та подальшого вдосконалення.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Хаєцький Г. «Стан якості води річки Південний Буг у межах Вінницької області / Григорій ХАЄЦЬКИЙ. // Науковий вісник Вінницької академії безперервної освіти. Серія «Екологія. Публічне управління та адміністрування». – 2022. – №1. – С. 26–33.
2. Д. В. Гончаренко, В. Б. Мокін, і Д. П. Проценко, «Побудова інформаційної системи моніторингу фізичних показників на основі технології ‘Інтернет речей’», ІТКІ, вип. 57, вип. 2, с. 99–108, Вер 2023.
3. Honcharenko Dmytro, “The search for optimal IoT technologies for water,” Kaggle Notebook. [Electronic resource]. Available: <https://www.kaggle.com/code/honcharenkodmytro/the-search-for-optimal-iot-technologies-for-water> . Accessed: 13.02.2024.

**Гончаренко Дмитро Валерійович** – аспірант кафедри системного аналізу та інформаційних технологій, факультет інтелектуальних інформаційних технологій та автоматизації, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: [honcharenko.d98@gmail.com](mailto:honcharenko.d98@gmail.com)

**Мокін Віталій Борисович** – д-р. техн. наук, проф., завідувач кафедри системного аналізу та інформаційних технологій, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: [vbmokin@vntu.edu.ua](mailto:vbmokin@vntu.edu.ua)

**Проценко Дмитро Петрович** - кандидат технічних наук, доцент кафедри системного аналізу та інформаційних технологій та кафедри комп'ютеризованих електромеханічних систем і комплексів, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: [procenko.d.p@vntu.edu.ua](mailto:procenko.d.p@vntu.edu.ua)

**Горячев Георгій Володимирович** – кандидат технічних наук, доцент кафедри системного аналізу та інформаційних технологій, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: [gorgeorg78@vntu.edu.ua](mailto:gorgeorg78@vntu.edu.ua).

**Варчук Ілона Вячеславівна** – кандидат технічних наук, доцент кафедри системного аналізу та інформаційних технологій, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: [ivvarchuk@vntu.edu.ua](mailto:ivvarchuk@vntu.edu.ua).

**Honcharenko Dmytro V.** – postgraduate student of the System Analysis and Information Technologies, Faculty of Intelligent Information Technologies and Automation, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [honcharenko.d98@gmail.com](mailto:honcharenko.d98@gmail.com)

**Mokin Vitalii B.** – Dr. tech. Sciences, Prof., Head of the Department of System Analysis and Information Technologies, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [vbmokin@vntu.edu.ua](mailto:vbmokin@vntu.edu.ua)

**Protsenko Dmytro P.** - candidate of technical sciences, associate professor of the department of System Analysis and Information Technologies and of the department of Computerized Electromechanical Systems and Complexes, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [procenko.d.p@vntu.edu.ua](mailto:procenko.d.p@vntu.edu.ua)

**Horiachev Heorhii V.** - candidate of technical sciences, associate professor of the Department of System Analysis and Information Technologies, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [gorgeorg78@vntu.edu.ua](mailto:gorgeorg78@vntu.edu.ua).

**Varchuk Ilona V.** - candidate of technical sciences, associate professor of the Department of System Analysis and Information Technologies, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [ivvarchuk@vntu.edu.ua](mailto:ivvarchuk@vntu.edu.ua).