

УДК 543.421/423

М.В. Петров, студент гр. ПН-п01, ст. викл. Таранов В.В.

КПІ ім. Ігоря Сікорського

МОНІТОРИНГ НІТРАТІВ У ВОДНОМУ СЕРЕДОВИЩІ В УМОВАХ ЗМІНИ ТЕМПЕРАТУРИ ТА ПРОЗОРОСТІ

Анотація. Підвищення контролю якості питної води як стратегічного інструменту впливу на стабільність функціонування об'єктів критичної інфраструктури регіонів (в умовах сучасного воєнного стану) за допомоги сучасних вітчизняних наукових технологій експрес-аналізу водного середовища забезпечить постійний моніторинг, що постачається за показниками якості (визначення нітратів) в режимі реального часу.

Ключові слова: моніторинг, аналіз, визначення нітратів, зміна температури, зміна прозорості.

ВСТУП

Стурбованість з приводу зміни клімату постійно зростає, тому все більше світових компаній та урядів намагаються знизити рівень забруднень навколишнього середовища шляхом зменшення викидів парникових газів. 6 листопада 2022 року в місті Шарм-ель-Шейх, Єгипет стартувала 27-я сесія Рамкової конвенції ООН про зміну клімату (КС-27 РКЗК ООН) [1], основною метою якої є забезпечення людських потреб у вигляді центру глобальних зусиль щодо вирішення проблеми зміни клімату. Основне зосередження уваги було викладено на ключові елементи основних потреб, зокрема доступ до водних ресурсів в умовах їх забруднення, зокрема й нітратами. Значна кількість водоносних горизонтів сьогодні вже забруднена різними шкідливими для організму людини сполуками. На особливу увагу серед них заслуговують нітрати, які є постійними складовими природних вод, коли їх кількість перевищує норму, через їх вплив навіть на генну структуру людини [2].

В умовах швидкого розвитку технологій збору, обробки даних, інтерактивний доступ до результатів метрологічних вимірювань суттєво покращує якість прийняття рішень. Автоматизувати їх шляхом глибокої інтеграції гарантовано релевантних показників безпосередньо в середовище реагування. Розробка методичних підходів та створення епідеміологічної системи охорони здоров'я населення України від негативного впливу нітратів у водах централізованих джерел водопостачання дозволить надати змогу створити важливий в сучасних умовах інструментарій для стабілізації та контролю водних ресурсів з метою забезпечення здоров'я населення. Сучасні екологічні вимоги до води [3] потребують удосконалення приладів оптичного контролю, своєчасної передачі інформації про фізико-хімічний стан. Сьогодні системи контролю визначаються в основному інструментальним оснащенням аналітичних лабораторій, що, в більшості випадків, потребує великих фінансових витрат, а також наявності висококваліфікованого обслуговуючого персоналу та постачання витратних матеріалів для аналізу. Це, насамперед, апаратура, яка використовує хроматографічні методи аналізу: хромато-мас-спектрометрію, атомно-абсорбційну та ІЧ-спектрометрію [4]. Застосування цих методів сьогодні можливе лише у великих фармацевтичних підприємствах та ліцензійних лабораторіях.

Практична ж цінність розробки таких методичних підходів полягає у впровадженні розробленого як програмного, так й апаратного комплексу для

безперервного контролю кількісних параметрів нітратів в водних розчинах в реальному часі на виробничих об'єктах. На основі цього розроблено дослідний зразок багатоканального вимірювача, а також програмного забезпечення для визначення кількісного складу нітратів в водних розчинах в реальному часі.

МЕТОДИКА ВИМІРЮВАНЬ

Зразок переміщується через кювету. Включаються з стабілізованою довжиною хвилі та потужності ультрафіолетові світлодіоди з дистанційно керованим блоком живлення. Промінь світлодіодів послідовно проходить через дослідне середовище, попадаючи на фотоприймачі. Електронний сигнал від фотоприймачів передається на блок виміру, де обробляються дані. Отримані дані поступають до системи програмного забезпечення. На основі аналізу отриманих даних будуються графіки відносної зміни концентрації речовини. Перед вимірюванням об'єкта проводиться визначення фонового сигналу саме того середовища, де відбуватимуться вимірювання (рідина чи повітря), а далі сигналу досліджуваного розсіювального середовища.

Структурна схема представлена на рисунку 1.

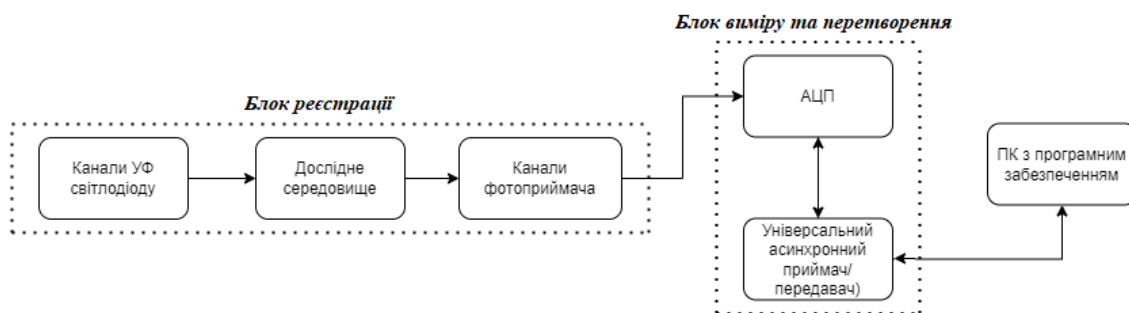


Рисунок 1. Структурна схема багатоканального вимірювача

Модуль реєстрації складається з ультрафіолетового джерела випромінювання зі стабілізацією його потужності та довжини хвилі випромінювання [5], а також приймачем для фіксації проходження вимірюваного середовища. Блок виміру перетворює отримане значення у цифрове і через асинхронний передавач відправляє дані на ПК з встановленим програмним забезпеченням.

Результат вимірювання отримується через декілька хвилин, в залежності від стану досліджуваного середовища. Програмне забезпечення відображає результати вимірювань у вигляді графіка з наведенням основних параметрів вимірюваного середовища. Вся отримана інформація виводиться і, отже, обробляється на ПК, тобто є можливість передавати результати у віддалений інформаційний пункт. Вже за час, не більш як 2 с, можлива реєстрація домішок нітратів у водних середовищах від 5 до 400 мг/л.

Окремим пунктом стоїть розробка системи автономного живлення на основі сонячних елементів, для постійного використання вимірювальної системи в умовах її знаходження як на об'єктах промисловості та цивільної інфраструктури з обмеженим або відсутнім електропостачанням, так й в межах природних середовищ, де виміри є не менш актуальними.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Для проведення експериментальних робіт з вимірювання об'ємних концентрацій нітратів зібрано установку на основі багатоканального вимірювача та циклічної системи перекачки водного середовища на відцентровому насосі. Вимірювання об'єму водного розчину, що перекачується здійснюється витратним лічильником. Реєстрація здійснюється з частотою до 50 Гц, час обробки трохи більше двох хвилин. Як фоновий (нульовий розмір) використана очищена дистильована вода. Попередні результати роботи для кількісного аналізу нітратів наведені в роботах [6,7].

Саме в цьому напрямку проведені виміри забруднення води з різних джерел. Можливо простежити історію забруднення в часі, тобто якість та кількість забруднюючих речовин в акваторії за певний період, що виникли у воді. Контроль є шляхом до підтримки середовища у нормальному стані. Наведені результати (рисунок 2) модельного вимірювання при послідовній зміні кількості NaNO_3 у воді в реальному часі протягом кількох годин.

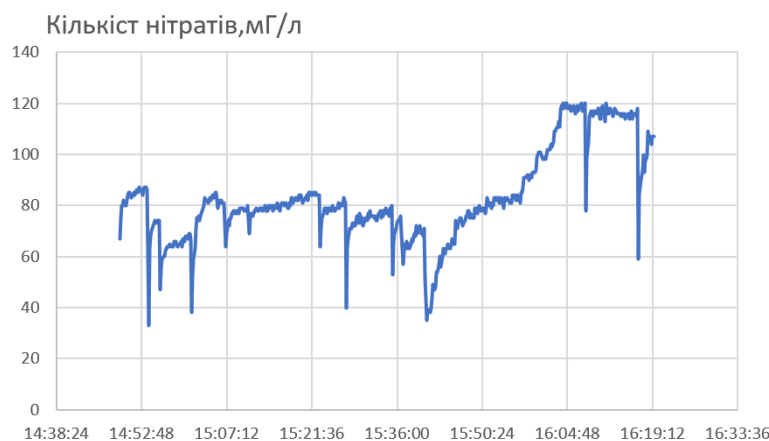


Рисунок 2. Зміни стану водного середовища на наявність NaNO_3 в реальному часі

Перешкодою під час вимірювання стають саме неселективні домішки, які забруднюють фотометричний канал вимірювання та змінюють результати. Наглядно показано, що навіть після 10 спроб додавання домішок прилад не змінив чутливості, що видно після вирівнювання графіку у спадах, до синхронізації. Останні показання графіку, що пов'язані з ростом показань, пов'язані з спробою дослідити можливість втрачання чутливості. Показання говорять про те, що навіть після багатогодинного вимірювання прилад не втрачає чутливості.

Одним з показників надійності показань дослідного зразка є експериментальна робота з визначення залежності зміни вимірювання кількості нітратів від властивостей (прозорості) вимірювального середовища, з використанням неселективних забруднень.

Перед вимірюванням об'єкта проводились визначення фонового сигналу водного середовища, де відбувались вимірювання, з попередньо отриманим результатом концентрації нітратів 84 мг/л. Ламінарне проходження рідини через оптичний канал за рахунок конструкції кювети дозволяє без перешкод проводити вимірювання на різних довжинах хвилі. В розчин з відносно чистою водою вносили мулове забруднення, яке зменшувало прозорість

фотометричних каналів, При тривалому вимірі – понад 90 хвилин, отримані результати (рисунок 3) виходили на середній досить стабільний рівень, показуючи результати в реальному масштабі часу на екрані монітора, тим самим показавши незалежність виміру кількості нітратів від стану середовища, де проводились вимірювання, де за рахунок саме програмної обробки одночасно усіх фотометричних каналів досягнуто компенсацію неселективного забруднення до домішок. Під час дослідів відносна прозорість водного середовища змінилась у 5 разів.

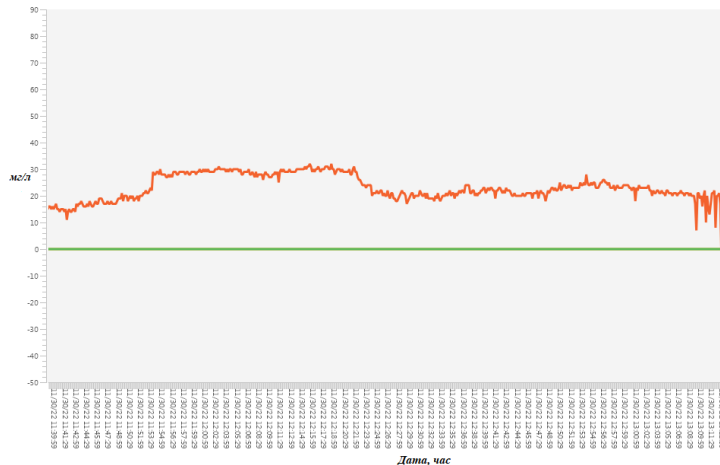


Рисунок 3. Відносні вимірювання концентрації нітратів в часі у водному середовищі зі зміною прозорості

Збільшення показника концентрації на окремій ділянці графіка пов'язано з експериментальними умовами (зміною прозорості середовища), після стабілізації проходження рідини через кювету, графік показує постійні значення концентрації. Різка зміна даних в кінці графіку пов'язана з зупинкою експерименту (заміну досліджуваного середовища).

Також, окрім стандартних визначень концентрації нітратів, в одній з експериментальних робіт досліджено залежність зміни кількості нітратів, у якості можливого апаратного недоліку, від температури середовища вимірювання. У якості середовища вимірювань використовувався сніг, з його подальшим переходом у рідкий стан. Перед вимірюванням об'єкта проводились визначення фонових сигналів водного середовища, де відбувались вимірювання, з попередньо отриманим результатом концентрації нітратів 84 мг/л. Температура вимірювального середовища на протязі часу поступово збільшувалась за допомоги інфрачервоного джерела потужністю 2 кВт. Отриманий графік (рисунок 4) показує незмінність вимірювальної кількості нітратів у середовищі забруднення на протязі 90 хвилин при зміні температури понад 23 градусів Цельсія від початкової, що дає змогу сказати про відсутність кількісної зміни забруднюючої речовини (нітратів) від температури. Незначна зміна від 2 до 4 одиниць пов'язана з апаратною похибкою, а також перехідними процесами під час суміші більш теплої водної суміші у кюветі від навколишнього середовища до вже охолодженої.

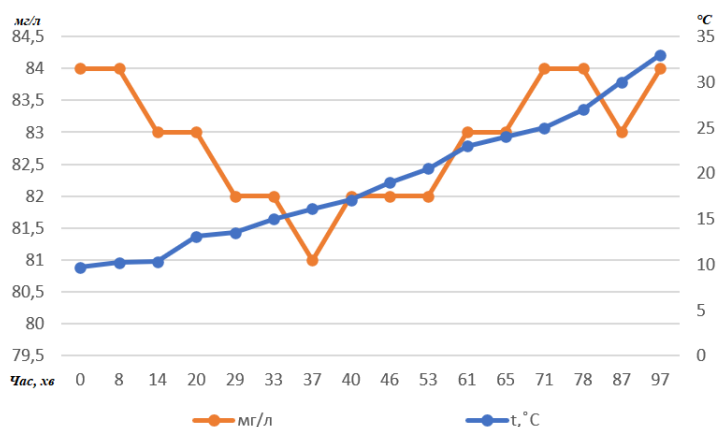


Рисунок 4. Залежності зміни концентрації нітратів від температури вимірювального середовища (хв)

Отже, вплив температури та допоміжної домішки, як у певному діапазоні не впливає на суттєве збільшення, і становить 2-4 мг/л, що є 10% від гранично допустимої дози.

ВИСНОВКИ

Результатом роботи є: досліджено вплив температури на відхилення концентрації нітратів у водному середовищі (2-4 мг/л); домішки показали вплив відхилення близько 5 мг/л, але в результаті подальшого перемішування водного середовища домішки не змінювали фактичного значення нітратів у воді. Запропонована система задовольняє потребам моніторингу водного середовища малих річок та дозволяє проводити спостереження в реальному часі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] COP27 Reaches Breakthrough Agreement on New “Loss and Damage” Fund for Vulnerable Countries — Режим доступу: <https://unfccc.int/news/cop27-reaches-breakthrough-agreement-on-new-loss-and-damage-fund-for-vulnerable-countries> — [01.12.2022]
- [2] Гончарук В.В. Наука о воде /В.В. Гончарук.—К.: Наукова думка, 2010. — 512 с.
- [3] ДСТУ 4078-2001 (ISO 7890-3:1998, MOD). Якість води. Визначання нітрату. Ч. 3.Спектрометричний метод із застосуванням сульфосаліцилової кислоти, 1998. — 12 с. — Введ. 01.01.2003.
- [4] Hach Company Portable, Laboratory and UV-VIS Spectrophotometers — Режим доступу: <https://www.hach.com/products/instrument-type/spectrophotometer> — [01.12.2022]
- [5] Пристрій для фотометричного визначення нітратів у водних розчинах. Таранов В.В., Курлянцева А.Ю. Гончарук В.В. пат. № 116728: Україна. Опубл. бюл. № 11, 2017 р.
- [6] Таранов В.В. Розмірний спектр мікрогених структур як фізико-хімічний стан рідинної системи. *ВІСНИК ХНТУ №3 (66)* . Вип 2, Херсон. 2018 г. С.93-101
- [7] Бойчун С.О.1, Мельніченко Д.С.2, Таранов В.В. Моніторинг відносного вмісту нітратів у водах Екологічні науки № 4(43), С 32-39

Наук. керівник – ст. викладач каф. ІВТ, Таранов В.В.