УДК 502.3 DOI 10.31649/2311-1429-2025-2-202-209

Гарсія Камачо Ернан Уллianодт

СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ ВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ

Вінницький національний технічний університет

Стаття присвячена розробці системи моніторингу водних об'єктів. Ефективне дослідження стану довкілля та прийняття відповідних рішень щодо його покращення вимагає адекватної інформації, отриманої з великої кількості різноманітних вимірювань параметрів. Проведення аналізу більше 3-4 разів на день економічно ефективніше, якщо використовувати автоматичні системи моніторингу навколишнього середовища. Запропонована авторами система моніторингу забруднення води складається з: обчислювального центру, який збирає, обробляє та аналізує інформацію, отриману від мережі автоматичних радіозондів. Кожен радіозонд автоматично визначає інтегральний показник забруднення води і передає результати по радіоканалу з досліджуваного місця водного об'єкта в обчислювальний центр. Автоматизовану систему моніторингу можна використовувати в широкому спектральному діапазоні для реєстрації параметрів водних середовищ при гідрофізичних та екологічних дослідженнях, екологічному моніторингу параметрів поверхневих вод, зокрема для вимірювання вмісту завислих речовин. Система дозволяє: контролювати характеристики світлорозсіювання для екологічного моніторингу природних водно-дисперсних середовищ, вимірювати яскравість під різними кутами спостереження, будувати індикатриси просторового розсіювання, визначати екологічний стан водного об'єкта та характер процесів забруднення.

Ключові слова: *водний об'єкт, водно-дисперсне середовище, забруднення, моніторинг води, автоматизована система моніторингу.*

Вступ

Водні об'єкти є одним з найважливіших і водночас найбільш вразливим середовищем, яке може дуже швидко змінюватися під впливом людини. Розрізняють три основних джерела забруднення природних вод: господарсько-побутові, промислові стоки та стоки, що відводяться із сільськогосподарських угідь. Водне середовище – динамічний об'єкт, який швидко змінюється, моніторинг за станом якого неавтоматичними методами ускладнений і економічно невигідний. При проведенні аналізу більше 3-4 разів за добу економічно доцільно використовувати автоматизовані системи моніторингу. У таких системах вартість інформації в 5-6 разів нижча, ніж при використанні лабораторних методів [1]. Моніторинг скиду забруднених стічних для великих міст і промислових зон є однією із самих складних проблем екологічного моніторингу. Значною мірою ефективність систем моніторингу визначаються рівнем їх хіміко-аналітичного забезпечення.

Забруднення води призводить до загибелі флори і фауни. Ефективне вивчення ситуації навколишнього середовища та прийняття відповідних рішень щодо її покращення вимагає адекватної інформації, отриманої з великої кількості вимірювань різноманітних параметрів [1]. Проведення багатократного аналізу економічно ефективніше, якщо використовувати автоматичні системи моніторингу навколишнього середовища. У таких системах вартість інформації в 4-6 разів нижча в порівнянні з використанням лабораторних методів.

Для забезпечення належного моніторингу за станом поверхневих вод суші необхідно, з одного боку, вимірювати параметри забруднення, з іншого – мати критерії для винесення рішень про наявність забруднення середовища за даним параметром.

Ідентифікації найбільш значущих забруднюючих речовин і розробка високоякісних приладів для вимірювання їх концентрації у водному середовищі присвячено багато робіт [2–6]. Актуальність таких досліджень очевидна, оскільки ці пристрої можуть допомогти контролювати величезну кількість речовин, небезпечних для навколишнього природного середовища.

Необхідність такого підходу зумовлена ще й тим, що з кожним роком змінюється кількість і розташування джерел забруднення. Це призводить до зниження якості поверхневих і підземних вод. Тому виникає необхідність своєчасного виявлення та моніторинг нових джерел забруднення.

Постановка проблеми

Досліджувані водні середовища за фізико-хімічними властивостями належать до водно-дисперсних світлорозсіювальних середовищ, що містять дрібні завислі частинки, розподілені у водному середовищі. Застосування теорії розсіювання світла дає можливість розрахувати ослаблення, поглинання, матрицю розсіювання частинок на основі їх показника заломлення. За цими оптичними характеристиками можна визначити не тільки функцію розподілу частинок за розмірами у водно-дисперсному середовищі, але й їх форму, ступінь анізотропії та комплексний показник заломлення [3, 4].

© Гарсія Камачо Ернан Уллianодт 2025

Найбільш ефективними є автоматизовані системи моніторингу, які поєднують комплекс вимірювальних, обчислювальних і реєструючих пристроїв із визначеними алгоритмами функціонування, що працюють під керуванням оператора. Основними елементами таких систем є: вимірювальні канали з первинними вимірювальними перетворювачами, інформаційно-комунікаційні канали, спеціалізовані обчислювальні пристрої або пристрої запису, зберігання та відображення інформації тощо [1, 2].

Найбільш розповсюдженим є автоматизований моніторинг водних середовищ, що передбачає застосування методів аналізу, які засновані на безпосередньому вимірюванні оптичних параметрів проби, зокрема: на вимірюванні коефіцієнтів заломлення – рефрактометричний і інтерферометричний; поглинання – абсорбційно-оптичний; оптичної активності – поляризаційний і люмінісцентний; розсіяння – нефелометричний і турбідиметричний.

Серед зарубіжних гідрологічних оптичних комплексів для зондування вертикальної структури вод одним із кращих є СТД-зонд MARK III фірми Ніл Браун. Із вітчизняних зондів на рівні кращих зарубіжних зразків СТД-систем знаходиться гідролого-оптико-хімічний зондуючий комплекс МГІ–4103, ряд автоматизованих вертикально-зондуючих систем типів «Метеор», «Дельфін», «Кондор», а також комплекс «Аргос». Один з кращих на сьогоднішній день, сучасний гідролого-оптичний комплекс МГІ–9201М [2].

Аналіз існуючих систем показує, що найбільшого поширення набули автоматизовані аналізатори на основі методу дискретного аналізу касетного типу. Їхніми перевагами є: виключення взаємного забруднення проб, швидкість, охоплення більш широкого спектру хімічних аналізів тощо. Загальною рисою для всіх аналітичних систем є модульна конструкція, простота обслуговування та сумісність вихідних сигналів з послідовними обчислювальними пристроями. Такі системи відрізняються кількістю і складом контрольованих параметрів (більшість з них розраховані на вимірювання 6-10 параметрів). Також використовується автоматична вибірка. Для розміщення вимірювального вузла використовуються два способи: безпосередньо у водному об'єкті або в спеціальному відсіку, куди проба подається з заданої точки водного об'єкта занурювальним насосом. Другий спосіб більш поширений.

Вибірковість і наближеність застосування відомих методик пояснюється ще й тим, що для аналізу береться тільки невелика кількість дисперсного середовища (матеріалу) із окремого випадково взятого об’єму, що не завжди співпадає з місцеположенням того елементарного об’єму, де починається процес зміни дисперсної фази в дисперсному середовищі, і що в свою чергу, не дає можливості відслідковувати динаміку змін дисперсного середовища.

Усі відомі оптичні аналізатори мають певні обмеження у випадку застосування для дослідження світлорозсіювальних середовищ. Серед них: неможливість врахування ефекту багаторазової дисперсії, необхідність багаторазового розведення зразка перед вимірюванням, складність і тривалість процесу підготовки зразка. Це призводить до незворотних змін (трансформації) зразка, збільшення тривалості та складності процесу вимірювання.

Використання існуючих систем моніторингу екологічних параметрів морських вод, для невеликих прісноводних об'єктів, ускладнюється через характер і просторово-часові характеристики розподілу гідрофізичних полів і процесів трансформації забруднень, які істотно відрізняються від тих, що відбуваються в морському середовищі. Тому виникає необхідність розробки нових пристроїв автоматизованого екологічного моніторингу невеликих поверхневих водойм.

Основна частина

Моніторинг водно-дисперсних об’єктів ускладнюється наявністю в них гідрофізичних полів температури, електричної провідності, солоності, щільності, тиску і швидкості течії, параметри яких постійно змінюються, як із глибиною, так і в горизонтальній площині і мають яскраво виражений стохастичний характер. Тому, вирішення завдань моніторингу в галузі екології, гідрофізики (гідрохімії, гідробіології і т. д.) вимагає більш високої точності контрольованих параметрів у засобах моніторингу. Враховуючи, що водні об’єкти є термодинамічними системами, що швидко змінюються, необхідно, щоб система моніторингу отримувала кількісну інформацію безпосередньо від досліджуваного водного об’єкта, в режимі реального часу, без перетворення взятої проби. Система моніторингу, яка відповідає таким вимогам, розроблена і представлена на рис. 1 [1]. Вона складається із двох частин: вимірювального блоку та інформаційного блоку. Вимірювальний блок складається з радіозондів, розташованих з урахуванням гідрологічних характеристик досліджуваного водного об’єкта та параметрів можливих джерел його забруднення. Інформаційний блок складається з РС зі

спеціальним програмним забезпеченням, що виконує функції мережевого сервера, який створює і підтримує базу даних експерименту, і комплекс необхідних пристроїв: пристроїв обробки та відображення даних, мережевого принтера, тощо.

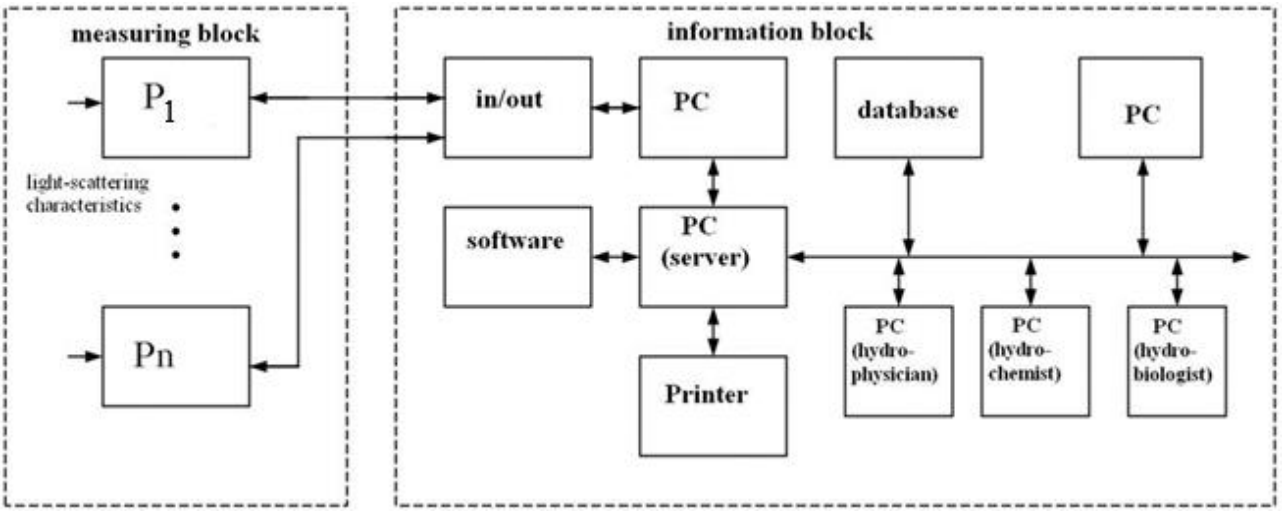


Рисунок 1 - Система моніторингу водних об'єктів [1]

В існуючих системах зв’язок між вимірювальним та інформаційним блоком здійснюється через пристрій формування, передачі та прийому вимірювальної інформації, що складається з передавальної та приймальної частин, з’єднаних між собою кабельною лінією, волоконно-оптичним каналом або радіоканалом. Запропонована система моніторингу використовує радіоканал, оскільки це дозволяє дуже легко і в широкому діапазоні змінювати розташування радіозондів в залежності від поставлених завдань.

Отримана оптична інформація про стан світлового поля всередині досліджуваного водно-дисперсного світлорозсіювального середовища зберігається в пам’яті комп’ютера, де координується, обробляється і з’являється на екрані в різних аналітичних або графічних формах. Подальша обробка інформації здійснюється за допомогою нейронної мережі, яка розпізнає форму індикатриси розсіювання, порівнює її з відомими модельними індикатрисами для певних видів забруднення, які зберігаються в електронній базі даних, і робить висновок про можливе забруднення води.

Гарантувати достатню точність визначення забруднювачів навколишнього середовища можна лише за умов оптимального вибору методик, їх уніфікації (яку розглядають, як оцінку і зіставлення наявних методів визначення того чи іншого інгредієнта з метою відбору найбільш придатного для вирішення даного конкретного аналітичного завдання) і метрологічної атестації, яка повинна включати як отримання метрологічних характеристик методів в одній даній лабораторії, так і комплексну оцінку їх шляхом міжлабораторної апробації за участю найбільш компетентних лабораторій з централізованою обробкою даних за спеціально розробленими програмами.

На даний час відомі способи визначення понад 1500 забруднюючих речовин, а гранично допустимі концентрації існують практично на половину з них. У різних країнах загальне число і склад показників, включених у список найважливіших забруднюючих речовин, істотно відрізняються, тому, що їхній вибір обґрунтований не чисто науковими міркуваннями, а традиціями, що склалися, економічними, технічними і іншими факторами. Всі виробничі стічні води відносяться до дисперсних середовищ, які містять різну кількість завислих (дисперсних часток) [1-3].

Показниками якості води прийняті: температура, pH, електропровідність, вміст розчиненого кисню, хлоридів, завислих речовин, органічного вуглецю, ХСК, БСК, загальна лужність.

Важливим екологічним показником є прозорість води. Із нею пов’язана інтенсивність фотосинтезу, зокрема, глибина проникнення світла в товщу води. Прозорість пов’язана із каламутністю, тобто наявністю завислих частинок. Для районів із приблизно однаковими гранулометричними складами завислих наносів виявляється тісна корелятивна залежність каламутності від прозорості, наприклад, для рік України (табл.1).

Таблиця 1

Співставлення каламутності і прозорості води

Прозорість, см	3,5	5,0	10	15	20
Каламутність, мг/дм^3	270	185	92	61	45

В процесі моніторингу оптичних параметрів неоднорідних водних середовищ є своя специфіка, породжена ефектами багатократного розсіювання світла речовиною дослідного об'єкта. При цьому розсіювання може виступати як інформативним, так і неінформативним параметром. Будучи інформативною величиною, розсіювання несе надзвичайно корисну інформацію про форму і структуру поверхні, про характер взаємодії випромінювання з речовиною, про індикатриси, тіла яскравості і т. п. З другого боку, при визначенні істинних показників поглинання дисипація енергії спотворює основну величину, являючись шумом, якого потрібно уникнути, або ретельно враховувати.

До складу мережі можуть входити ряд РС з прикладним проблемно-орієнтованим програмним забезпеченням, що дозволяє підвищити ефективність роботи і розв'язувати задачі оперативного планування та ефективного управління ходом наукових досліджень. Інформаційна частина системи представляє собою комплекс програм, які дозволяють організувати банк даних до складу якого входять дві бази даних - «Речовина» і «Експеримент». Перша з них – призначена для запису узагальненої інформації в якій відображені властивості досліджуваних суспензій, зокрема про потенційно токсичні речовини, що містяться в стічних водах і представляють собою типовий склад виробничих стічних вод. Друга – для запам'ятовування результатів експериментів, зокрема по виявленню негативного впливу речовин на якість води.

В існуючих системах зондування, канали зв'язку між занурюваною зондовою підсистемою і бортовою обчислювальною підсистемою із периферійним обладнанням реєстрації і відображення вимірювальної інформації, здійснюється через пристрій формування, передачі і прийому вимірювальної інформації, що складається з передавальної і приймальної частин, з'єднаних одножильною кабель-тросовою лінією, волоконно-оптичним каналом зв'язку або радіоканалом. Відомий також варіант використання телефонних ліній зв'язку що комутуються. У нашому випадку запропонована автоматизована система моніторингу забруднення із використанням радіоканалу, оскільки це дає можливість досить легко і в широких межах змінювати місце розташування радіозондів в залежності від задач моніторингу.

Кожен радіозонд, автоматично визначає показник розсіювання і передає по радіоканалу результати вимірювання із досліджуваного місця водного об'єкту (гідрологічного створу) до обчислювального центру збору, накопичення і обробки вимірювальної інформації. Вузол вимірювання радіозонду складається із дослідної камери, яка наповнюється за допомогою вузла електронасосу досліджуваним водно-дисперсним середовищем, джерела випромінювання, довжина хвилі якого може змінюватися за допомогою касети світлофільтрів. До дослідної камери приєднаний автоматизований кінематичний блок переміщення зонда, який містить зонд із призмовим, оптичним первинним перетворювачем, що з'єднаний із фотоелектронним помножувачем і блоком перетворення фотоструму в частоту, який сполучений із блоком керування (мікроконтролером), що з'єднаний з пристроєм прийомо-передавача каналу зв'язку, що з'єднує радіозонди із бортовою обчислювальною підсистемою, яка складається із прийомо-передавача, пристрою спряження (інтерфейсу), сервера локальної мережі РС із спеціальним програмним забезпеченням та периферійним обладнанням реєстрації і відображення вимірювальної інформації: принтером, плотером і т. п.

Всередині корпусу металопластикового герметичного радіозонда знаходиться електрична схема блока керування та комутації (БКК), радіотракт та вузол електроживлення, до якого приєднані вузли електронасосу і вимірювання, які занурені у воду на визначену глибину.

До корпусу радіозонда кріпиться також якірний трос для утримання його у зазначеному місці водоймища. Зовні на корпусі радіобуя закріплюється стрижнева антена розміром відповідно до несучої частоти радіотракта радіопередавача в ЧМ діапазоні, яка має кругову діаграму направленості.

Функціонально пристрій може працювати в 4-х режимах:

1) черговий режим (режим очікування радіосигналу запиту про діагностичні дані);
2) режим обміну діагностичними даними;
3) режим накопичення статистичних даних про проведений вимірювальний контроль і моніторинг забруднення водних ресурсів;
4) режим аварійної сигналізації про перевищення гранично допустимого рівня забруднення водного середовища у контролюємій зоні.

Основою даного пристрою є блок керування та комутації (БКК) до складу якого входять: мікроконтролер або PIC-контролер із внутрішньою ОЗУ; енергонезалежна Flash-пам'ять; мікросхема модему; вузол комутаційних елементів; вузол елементів контролю електроживлення схеми, 2 кварцові генератори.

Для запобігання попадання на схему пристрою високих напруг та струмів від статичних розрядів під час грози, між елементами захисту та елементом комутації антени передбачений елемент захисту від статистичних розрядів (на базі швидкодіючих напівпровідникових елементів). Блок вимірювання складається з 2-х вузлів: вузла електронасосу та вузла вимірювання. Вузол електронасосу призначений для закачування та подальшої відкачки води, із дослідної камери блоку вимірювання. Вузол електронасосу складається з реверсивного синхронного двигуна постійного струму, на валу якого закріплена одна з 2-х зубчастих шестерень камери накачки, інша кріпиться на стінках камери. Шестерні приводяться в рух електродвигуном. В першому випадку вони заштовхують воду до дослідної камери, а при зворотньому процесі – відкачки води – виштовхують воду із камери. В дослідній камері для вимірювання встановлені джерело випромінювання із заданою довжиною хвилі та германієвий фоторезистор. Загальна кількість використовуваних радіозондів, визначається обчислювальним центром, на основі задач моніторингу водного об'єкту. Оптимальна відстань від радіозондів до обчислювального центра прийому і збору моніторингової, вимірювальної інформації визначається потужністю радіопередавача і акумуляторної батареї (АБ).

Радіозонд, працює наступним чином: по команді, що поступає через канал зв'язку пристрій управління включає елекронасос, який закачує у дослідну камеру водно-дисперсне середовище. Коли камера заповнюється насос автоматично відключається. Після цього мікроконтролер за допомогою відповідної програми згідно встановлених початкових даних запускає автоматизований кінематичний блок із призмовим оптичним первинним перетворювачем, що починає пересуватися всередині світлорозсіювального водно-дисперсного середовища і вимірювати безперервний профіль тіла яскравості, який фіксується за допомогою фотоелектронного помножувача, що, в свою чергу передає сигнал на блок перетворення фотоструму в частоту, а далі управляючий мікроконтролер формує цифровий сигнал і передає його до пристрою прийомо-передавача, який посилає його у канал зв'язку до бортової обчислювальної системи. Прийнятий інформаційний цифровий сигнал із каналу зв'язку прийомо-передавачем ідентифікується, перетворюється в паралельний код і передається на пристрій спряження, а далі у пам'ять, де обробляється відповідним програмним забезпеченням відповідно до заданих градуювальних характеристик, та відображається у зручному для оператора вигляді, запам'ятовується та документується відповідним периферійним обладнанням. Після закінчення процесу вимірювання, по команді пристрою управління, насос відкачує досліджуване водно-дисперсне середовище із дослідної камери.

Важливою характеристикою при кількісному аналізі є температура, яка зазвичай визначає характер і швидкість термодинамічних процесів, тому цей параметр контролюється за допомогою цифрового термометра зануреного у зразок водного середовища.

Одержана оптична інформація про стан світлового поля всередині світлорозсіювального середовища заноситься до пам'яті комп'ютера, де узгоджується, обробляється і висвітлюється на екрані монітора у вигляді таблиць, аналітичних або графічних залежностей функцій яскравості:

$$B_z = f(\Theta);\ B_\Theta = f(z);\ B_z = f(c) \text{ тощо,}$$

де z – глибина шару середовища, на якій проводилися виміри, що відраховується від поверхні водного об'єкта;

Θ – полярний кут обертання зонда відносно свого початкового положення в межах $0° \le \Theta \le 180°$;

c – концентрація завислих частинок (мг/дм^3) у досліджуваному водному об'єкті.

Основним виразом для врахування інтерференційно-дифракційних ефектів, зумовлених суперпозицією дифрагованого, відбитого і пройденого світла, та визначення інтенсивності розсіяного світла, коли довжина хвилі λ співрозмірна з розміром часток, є десятикомпонентне рівняння Хен'ї-Грінстейна:

$$I(\Theta) = \sum_{j=1}^{10} I_{j0} \frac{1 - g_j^2}{(1 + g_j^2 - 2g_j \cos\Theta)^{3/2}},$$

де g_j – коефіцієнт при поліномах Лежандра, яке дає можливість дослідити трансформацію випромінювання всередині світлорозсіювального водного середовища та визначення його основних

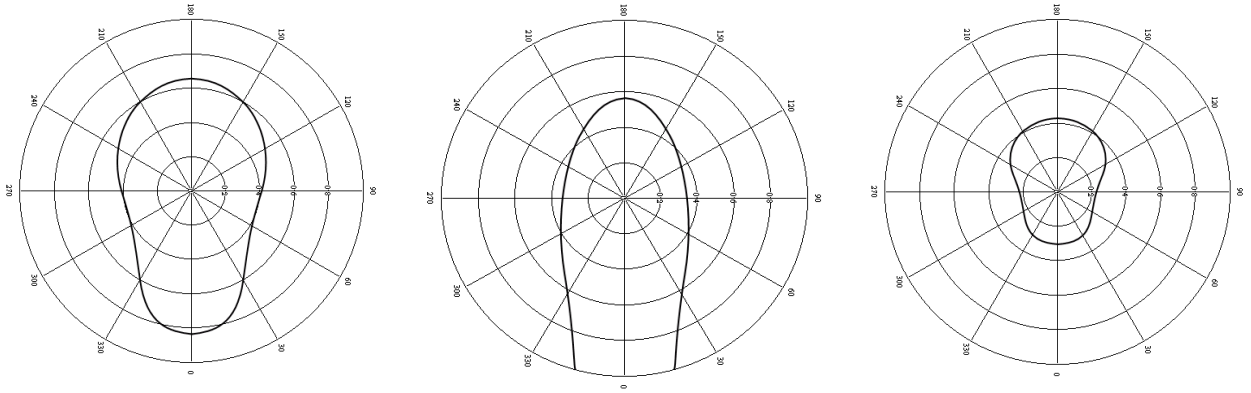
спектрофотометричних характеристик.

Подальша обробка вимірювальної інформації здійснюється за допомогою нейронної мережі, яка розпізнає форму індикатрис розсіювання, порівнює її з відомими модельними індикатрисами для відповідних типів забруднень, що занесені до електронного атласу, та робить висновки про можливий характер забруднення води.

Розроблена автоматизована система моніторингу може бути використана у широкому спектральному діапазоні для реєстрації параметрів водних середовищ в гідрофізичних і екологічних дослідженнях, проведення екологічного моніторингу параметрів поверхневих вод, зокрема по вмісту завислих речовин. Система розрахована на використання сучасного інформаційного, програмного і математичного забезпечення, що дозволить розв'язувати в ній такі задачі: управління процесом вимірювання параметрів забруднення; реєстрація і видача інформації про рівень забруднення в центральну станцію обробки інформації; управління даними, контроль і аналіз роботи окремих вузлів вимірювальних приладів; калібровка вимірювальних каналів аналізатора; передача і введення даних від вимірювальних приладів; управління режимами роботи вимірювальних приладів; видавання інформації споживачам за відповідними формами; управління збором інформації від вимірювальних приладів і оцінка стану водного об'єкта; виділення трендів тимчасових рядів; короткострокове прогнозування забруднення; виявлення тенденцій мінливості рівня забруднення; обчислення авто- і взаємокореляційних функцій тимчасових рядів; аналіз виміряних значень «на скид»; обчислення кроку дискретної роботи вимірювального приладу; контроль і моніторинг якості води у контрольований момент часу; обчислення вірогідності прийнятого рішення; оцінка стану води за прогнозним значенням; пошук джерел забруднення [1,7].

Було проведено серію експериментів з використанням розробленої системи моніторингу з метою отримання тіл яскравості водно-дисперсних середовищ з різним розміром частинок дисперсної фази. За результатами експериментальних досліджень, встановлено, що забруднення впливає на середній розмір частинок водно-дисперсного середовища.

Отже, для встановлення факту забруднення на певний момент часу та прогнозування дисперсного складу забруднювача, достатньо знати дисперсний склад водного середовища до і після забрудення. Після початку забруднення, забруднюючі речовини починають взаємодіяти з водою водного об'єкта. Відбувається ряд фізико-хімічних процесів перетворення, зокрема коагуляції, седиментації та ін. На підставі результатів спостережень (рис. 2) можна зробити висновок, що індикатриса розсіювання і тіло яскравості водно-дисперсного середовища водного об'єкту в процесі забруднення змінюються. В результаті, початковий дисперсний склад водного об'єкта змінюється. Результати зміни індикатриси розсіювання забрудненого водного об'єкту представлена на рисунку 2б і 2в.



а б в

Рисунок 2 - Зміна індикатриси розсіювання: а – до забруднення;
б – після забруднення $r_1 > r_2$; в – після забруднення при $r_1 < r_2$, де r_1 – середній розмір частинок забрудненого водно-дисперсного середовища водного об'єкту, r_2 – середній розмір частинок водно-дисперсного середовища водного об'єкту до забруднення.

Висновок

– Розроблено автоматизовану систему моніторингу водних об'єктів. Вона дозволяє без перетворення проби, в режимі реального часу вимірювати яскравість під різними кутами спостереження, будувати індикатрису просторового розсіювання і контролювати характеристики світлорозсіювання для екологічного моніторингу природних водно-дисперсних середовищ, що дає змогу визначати екологічний стан водного об'єкта та характер процесів забруднення. Для встановлення факту

забруднення і прогнозування дисперсного складу забруднюючої речовини достатньо знати дисперсний склад водного об'єкту до забруднення і визначити середній розмір часток забрудненого водного об'єкта.

– Окрім традиційного програмного забезпечення дана система потребує додаткового спеціального програмного забезпечення, яке підвищує точність вимірів, забезпечувати корекцію результатів досліджень, і базується на сучасних структурно-алгоритмічних і системотехнічних методах підвищення точності. При цьому особлива увага повинна приділятися зменшенню динамічних похибок вимірів, що є домінуючими при гідрофізичних дослідженнях.
– Розроблена система моніторингу може бути використана в широкому спектральному діапазоні для реєстрації параметрів водних середовищ при гідрофізичних та екологічних дослідженнях, для екологічного моніторингу параметрів поверхневих вод, зокрема вмісту завислих речовин.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

[1] Vasylkivskyi I., Ishchenko V., Pohrebennyk V., Palamar M., Palamar A. System of water objects pollution monitoring. International Multidisciplinary Geoconference SGEM 2017. SGEM2017 Vienna GREEN Conference Proceedings. Vol. 17, Issue 33, 27-29 November, 2017, pp. 355-362. DOI: 10.5593/sgem2017H/33/S12.044
[2] Зорі А., Коренєв В., Хламов М. Методи, засоби, системи вимірювання та контролю параметрів водних середовищ, - Донецьк: РВА Дон ДТУ, 2000. – 368 с.
[3] Hulst HC, Multiple Light Scattering, Acad. Press, Нью-Йорк, США, 1980.
[4] І. В. Васильківський, В. Г. Петрук, С. М. Кватернюк, П. М. Турчик, Н. В. Лопатинська, «Розробка системи контролю світлорозсіювальних характеристик водних середовищ», Вісник ВПІ, вип. 5, с. 22–29, Листоп. 2010.
[5] Vasylkivskyi I., Ishchenko V., Hlavatska L., Garcia C.H.U. Water pollution by special waste. In: Water Security: Monograph. Issue 2. Ed. Mitryasova O., Staddon C. Mykolaiv, Ukraine / Bristol, UK, 2021, pp. 95-108.
[6] Знищення іхтіофауни Південного Бугу в результаті будівництва малих ГЕС / Гарсія Камачо Ернан Уллianодт, І. В. Васильківський // Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування. - 2022. - No 26. - С. 26-31.
[7] Vasylkivskyi I., Sakalova H., Ishchenko V. Wastewater management in Southern Bug basin. International Conference "Mikrozanieczyszczenia w Środowisku Człowieka", September 14-16, 2022, Częstochowa, Poland, p.120.

REFERENCES

[1] Vasylkivskyi I., Ishchenko V., Pohrebennyk V., Palamar M., Palamar A. System of water objects pollution monitoring. International Multidisciplinary Geoconference SGEM 2017. SGEM2017 Vienna GREEN Conference Proceedings. Vol. 17, Issue 33, 27-29 November, 2017, pp. 355-362. DOI: 10.5593/sgem2017H/33/S12.044
[2] Zori A., Koreniev V., Khlamov M. Metody, zasoby, systemy vymiriuvannia ta kontroliu parametriv vodnykh seredovyshch, - Donetsk: RVA Don DTU, 2000. – 368 s.
[3] Hulst HC, Multiple Light Scattering, Acad. Press, Niu-York , SShA, 1980.
[4] I.V. Vasylkivskyi, V.H. Petruk, S.M. Kvaterniuk, P.M. Turchyk, N.V. Lopatynska, «Rozrobka systemy kontroliu svitlorozsiiuvalnykh kharakterystyk vodnykh seredovyshch», Visnyk VPI, vyp. 5, s. 22–29, Lystop. 2010.
[5] Vasylkivskyi I., Ishchenko V., Hlavatska L., Garcia C.H.U. Water pollution by special waste. In: Water Security: Monograph. Issue 2. Ed. Mitryasova O., Staddon C. Mykolaiv, Ukraine / Bristol, UK, 2021, pp. 95-108.
[6] Znyshchennia ikhtiofauny Pivdennoho Buhu v rezultati budivnytstva malykh HES / Harsiia Kamacho Ernan Ullianodt, I. V. Vasylkivskyi // Ekolohichna bezpeka ta zbalansovane resursokorystuvannia. - 2022. - No 26. - S. 26-31.
[7] Vasylkivskyi I., Sakalova H., Ishchenko V. Wastewater management in Southern Bug basin. International Conference "Mikrozanieczyszczenia w Środowisku Człowieka", September 14-16, 2022, Częstochowa, Poland, p.120.

Гарсія Камачо Ернан Уллianодт – аспірант кафедри екології, хімії та технологій захисту довкілля, Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: ullianodht7777@gmail.com.
Васильківський Ігор Володимирович - канд.техн.наук, доцент, доцент кафедри екології, хімії та технологій захисту довкілля, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: igor.vntu@gmail.com.

I. Vasylkivsky
Garcia Camacho

WATER BODY MONITORING SYSTEM

Vinnytsia National Technical University

The article is devoted to the development of a water body monitoring system. Effective study of the state of the environment and making appropriate decisions on its improvement requires adequate information obtained from a large number of various parameter measurements. Conducting analysis more than 3-4 times a day is more cost-effective if automatic environmental monitoring systems are used. The water pollution monitoring system proposed by the authors consists of: a computing center that collects, processes and analyzes information received from a network of automatic

radiosondes. Each radiosonde automatically determines the integral indicator of water pollution and transmits the results via radio from the studied location of the water body to the computing center. The automated monitoring system can be used in a wide spectral range for recording parameters of water environments during hydrophysical and ecological studies, environmental monitoring of surface water parameters, in particular for measuring the content of suspended solids. The system allows: to control the characteristics of light scattering for environmental monitoring of natural water-dispersed environments, to measure brightness at different angles of observation, to build spatial scattering indicatrices, to determine the ecological state of a water body and the nature of pollution processes.

Keywords: water body, water-dispersed environment, pollution, water monitoring, automated monitoring system.

Garcia Camacho Hernan Ullianodt – postgraduate student of the Department of Ecology, Chemistry and Environmental Protection Technologies, Faculty of Construction, Civil and Environmental Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: ullianodht7777@gmail.com
Vasylkivskyi Igor – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate professor of the department of ecology, chemistry and environmental protection technologies. e-mail: igor.vntu@gmail.com.