

МЕТОДОЛОГІЯ РОЗРОБКИ СИСТЕМИ ОНЛАЙН МОНІТОРИНГУ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД

Стаття присвячена розробці стратегії проектування та системи онлайн моніторингу поверхневих вод, побудованої за технологією Інтернет речей. Визначено основні етапи проектування системи, обрано базові та додаткові параметри для контролю якості поверхневих вод, висунуто вимоги до базової конфігурації станцій моніторингу, засобів аналізу та візуалізації даних.

Ключові слова: методологія, система, онлайн моніторинг, поверхневі води, контроль, параметр, дані

Вступ. Оцінювання стану забруднення поверхневих вод є процес безперервний і виконується, як контролюючими органами, управліннями, так і самими суб'єктами водокористування / водовідведення згідно Закону України «Про моніторинг», Водного кодексу України, Закону України про забезпечення санітарного та епідеміологічного благополуччя населення» та інших вимог законодавства. Однак, згідно проведеного моніторингового дослідження [1], від наднормативного забруднення потерпають усі річки нашої країни. За останній рік середній відсоток випадків перевищення нормативів скидів за всіма показниками склав 30%, в середньому по показникам: в басейні р. Сів. Донець – найбільша кількість показників, за якими спостерігається наднормовий скид (хлориди, ХПК, БПК5, нітрати, азоту амонійного, нафтопродукти, заліза, сульфатів та фосфатів), загалом дев'ять показників. Середній показник рН є найвищим (8,1) серед зазначених водоймищ; в басейні р. Дніпро – сім показників є наднормовими (ХПК, БПК5, нітрати, азоту амонійного, нафтопродукти, залізо, фосфатів); в басейні р. Зах. Буг та і Сян спостерігається підвищене забруднення за восьми показниками (ХПК, БПК5, нітрити, нітрати, азоту амонійного, завислих речовин, заліза та фосфатів); в басейні р. Пів.Буг – за шістьма показниками (БПК5, нітрати, азоту амонійного, нафтопродукти, залізо, фосфатів); в басейні р. Дністр – п'ять наднормових показників (нітрати, нітрити, азоту амонійного, нафтопродукти, заліза, розчинний кисень); в басейні р. Дунай – спостерігається підвищене забруднення за двома показниками (залізо та дефіцит розчинного кисню), показник рН є одним з найвищих (7,9) серед зазначених. Отже, проблема покращення стану водойм залишається актуальною, а її вирішення не можливе без постійного контролю та моніторингу.

Вимірювання якості природної води є необхідними для прийняття обґрунтованих рішень щодо забезпечення сталого управління водними ресурсами та охороною водної екосистеми. На даний час, періодичність контролю розраховується з урахуванням обсягів, періодичності та кількості скидів згідно спеціальних розрахунків і затверджується у спеціальному графіку контролю. Разом з тим, кількість моніторингових спостережень, як правило, складає не частіше одного разу на добу, або на тиждень. Спостереження за обов'язковою повною програмою на водотоках здійснюють, як правило, сім разів на рік: під час повені – на підйомі, піку і спаді; під час літньої межени – при найменшій витраті та при проходженні дощового паводка; восени – перед льодоставом та під час зимової межени [2]. З цього виходить, що об'єм спостережень в більшості випадків носить аперіодичний характер і, з великою долею ймовірності, пікові (максимальні разові, у т.ч. аварійні) скиди будуть не зафіксовані. Складність проведення та отримання даних оперативних спостережень полягає в тому, що відбір та усі показники зазначеного контролю виконуються інструментальним методом за участю лаборантів атестованої лабораторії та потребує ресурсів і певного часу від відбору з місця контролю, до його визначення. До того ж не всі місця, що потребують контролю є легкодоступними для транспорту та інструментів, тому моніторинг ведеться в постійних визначених ділянках басейну річок, і не охоплює усю картину стану водойми.

Одним з варіантів вирішення цієї проблеми є впровадження нових підходів до контролю та управління водними ресурсами. Зокрема, технологій, що поєднують у собі інструментальні засоби та додатки, побудовані за технологією Інтернет речей (IoT) та програмно-аналітичну систему, здатну відображати у реальному часі та аналізувати значні обсяги даних від розподілених датчиків. Подібні системи розробляються і впроваджуються у багатьох країнах для моніторингу повені та рівня води [3, 4], моніторингу забруднення [5, 6], збирання параметрів якості води в реальному часі [7-9], тощо. З метою усунення проблем, пов'язаних з ручним моніторингом якості води, планується розробити високотехнологічну систему онлайн моніторингу якості води в басейні р. Сіверський Донець. Пропоноване рішення реалізує комплексне управління водними ресурсами на основі басейнового підходу, забезпечуючи оцінку індивідуальних характеристик кожної ділянки водного об'єкту, вдосконалення системи моніторингу водного середовища - стану поверхневих та підземних вод; постійне спостереження; обстеження та визначення стану басейнів річок; моніторинг дотримання стандартів і норм скидів [10]. Однією з найкорисніших характеристик додатків, побудованих за принципом IoT є постійний моніторинг води, що дозволить поступово еволюціонувати від реактивного до профілактичного реагування, виходячи з фактичного стану водних об'єктів. Онлайн моніторинг дозволяє вирішувати такі завдання:

- оперативна оцінка основних параметрів поверхневих вод, зокрема контролювати параметри очищених стічних вод, що скидаються у водні об'єкти;
- підтримку прийняття рішень щодо заходів по очищенню від забруднювачів;

- автоматизований контроль частоти відбору, кратності контролю;
- своєчасне виявлення впливів водокористувачів на водну систему.
- збір, аналіз та прогнозування стану поверхневих вод.

Програма реалізації системи онлайн моніторингу поверхневих вод (СМПВ) передбачає поетапне вирішення низки питань, серед яких: розробка та тестування спеціалізованого засобу для відслідковування параметрів у режимі реального часу; побудова мережі контрольних точок визначеної ділянки річки для оцінки її екологічного стану; моніторинг якості води за хімічними показниками; створення програмного забезпечення для аналізу даних, моделювання ретроспективи та прогнозування майбутніх станів, формування єдиних форм для класифікації, ведення баз даних гідрохімічних спостережень, комплексної оцінки якості води, аналізу кратності перевищень гранично допустимих концентрацій окремих речовин, класифікації якості води відповідно до нормативів; реалізація механізмів доступності даних та інформування громадськості.

Метою роботи є розробка стратегії проектування та впровадження системи онлайн моніторингу поверхневих вод.

Робота виконується за сприяння міжнародного проекту ERASMUS+ ALIOT “Internet of Things: Emerging Curriculum for Industry and Human Applications”, 573818-EPP-1-2016-1-UK-EPPKA2-CBHE-JP. За основу побудови стратегії взяті рамкові рекомендації [11], затверджені відділом водної безпеки управління ґрунтових вод та питної води ЕРА.

Базові положення методології розробки та впровадження ІТ для он-лайн моніторингу поверхневих вод. Основні етапи проектування системи онлайн моніторингу поверхневих вод представлені у вигляді послідовно-паралельної схеми (рис. 1).

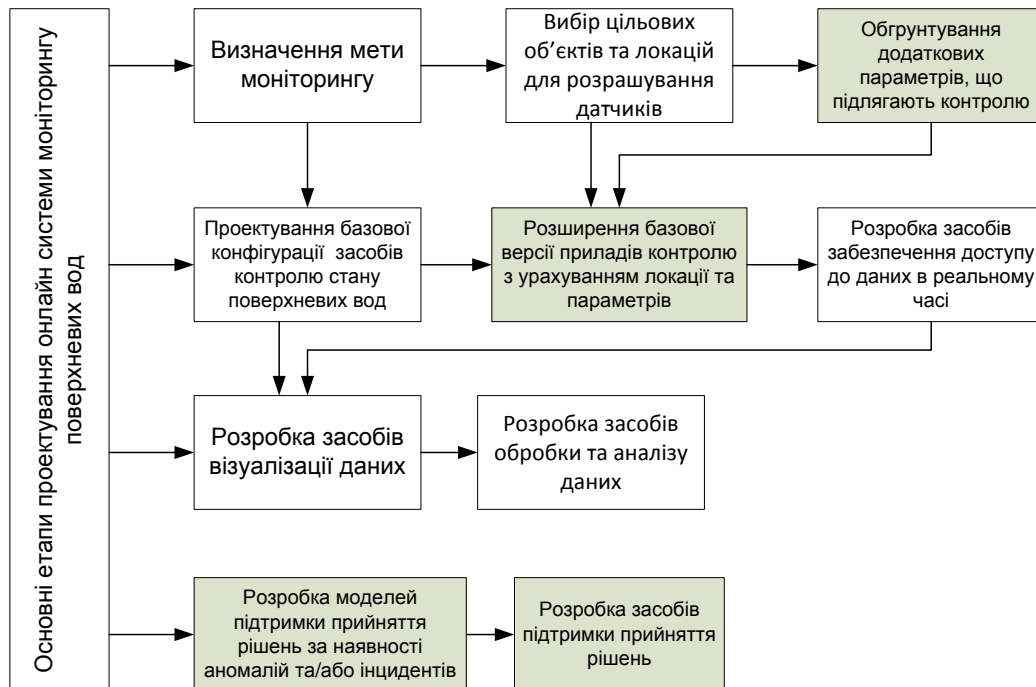


Рисунок 1 – Узагальнена схема проектування системи онлайн моніторингу поверхневих вод

До складу обов'язкових процедур віднесено: визначення мети; вибір цільових об'єктів та локацій для розташування станцій онлайн моніторингу; проектування базової конфігурації станції моніторингу; засобів забезпечення доступу до даних в реальному часі, збереження, обробки, візуалізації та аналізу даних, тощо). До процедур, що забезпечують настроювання системи до мети, задач і вимог моніторингу можна віднести: обґрунтування необхідності контролю додаткових параметрів; внесення змін до складу та конфігурації базових станцій, у разі наявності додаткових параметрів; розробка моделей і алгоритмів прийняття рішень в нештатних ситуаціях, таких як аварійні скиди, повіні та ін.; розробка систем та засобів підтримки прийняття оперативних рішень. Нижче описані процедури надані більш детально.

1 Визначення мети впровадження системи онлайн моніторингу

В залежності від замовника та поточної ситуації, метою розробки і впровадження системи онлайн моніторингу може бути:

- Виявлення інцидентів забруднення вод.
- Оптимізація процесів очищення.

- Моніторинг загроз та оцінка довгострокових тенденцій якості води внаслідок природних змін та антропогенного впливу.

Кожна мета впливає на вибір параметрів, що будуть контролюватися системою. Разом з тим, можна виділити групу параметрів, здатних забезпечити базовий рівень контролю якості води і розробити основу для формування станцій моніторингу. У табл. 1 наведено список базових параметрів СМПВ, які потенційно можуть бути корисними для усіх програм відповідно до кожної з трьох цілей розробки.

Таблиця 1 – Базові параметри системи контролю якості поверхневих вод

Параметр	Опис
рН	<p>рН є мірою концентрації іонів водню і вказує на рівень кислотності або лужності у воді. Рівень рН води безпосередньо впливає на живі ресурси і може вплинути на токсичність та розчинність хімічних речовин, важких металів та інших забруднюючих речовин, таких як фосфорні та інші поживні речовини.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Зміни рН можуть означати збільшення розчинених поживних речовин, що призведе до збільшення росту рослин і, зрештою, до евтрофних станів. - Коливання рівня рН часто спричинені антропогенними джерелами забруднення, такими як спалювання викопного палива, виплавка та видобуток, сільськогосподарський стік, а також стічні та промислові викиди. - рН нижче 5.0 суттєво погіршує життєдіяльність багатьох видів риби, а коли рівень сягає відмітки нижче 4.0 спостерігається масова загибель.
Температура	<p>Міра теплової енергії у воді. Усі процеси життєдіяльності безпосередньо залежать від температури водойми, чим вище температура, тим швидше відбуваються усі процеси, тому показник температури є обов'язковим у складі первинного визначення.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Впливає на хімічну рівновагу та кінетику. - Може вказувати на змішування води з різних джерел (наприклад, злиття стічних вод із річковою водою). - Температурний датчик має бути поєднаний з датчиками якості води, що вимірюють температурно-залежні параметри (наприклад, рН, питома електропровідність), що дає можливість компенсації температури для вимірювань цих параметрів.
Розчинений кисень (РК)	<p>Розчинний кисень споживається на окислення органічних речовин, процеси дихання водних організмів та окислення органічних сполук в процесі їх життєдіяльності, а також процеси хімічного окислення – нітратів, нітритів, азоту амонійного, заліза, марганця, сульфідів та ін.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Відхилення від норми даного показника може означати, що у воді присутній наднормативний вміст забруднюючих речовин (нітритів, азоту амонійного, заліза, марганця, сульфідів та інш.) або наявні нафтопродукти чи поверхнево-активні речовини (ПАР), важкі метали, що паралізують процеси обміну киснем для живих істот. Вони відмирають і формують донні відкладення, які з часом гниють. - При зменшенні вмісту розчинного кисню до критичного показника – менше 4 мгО/л спостерігається значне скорочення популяції водної фауни, зокрема може призвести до замору риби. - Низька концентрація РК може негативно впливати на потенціал окислення та ефективність деяких процесів очищення, хоча змішування під час перекачування може привести до концентрації РК до майже насиченого. - На результати вимірювання може впливати розміщення датчика РК. Оскільки відбір з поверхні або при не глибокому зануренні в ясну, теплу і сонячну погоду може давати завищені показники вмісту кисню, які не відповідають дійсності та пов'язані з інтенсивним розвитком водоростей, необхідно дотримуватися норм та правил відбору проб згідно КНД 211.1.0.009-94 «Гідросфера. Відбір проб ...», ДСТУ ISO 5667-2-2003, ДСТУ ISO 5667-3-2001, ДСТУ ISO 5667-10-2005 «Якість води. Відбирання проб...», Директиви 2000/60/ЄС.
Електропровідність	<p>Міра іонної сили розчину, що характеризує рівень вмісту мінеральних солей у воді.</p> <ul style="list-style-type: none"> - На значення провідності впливають не тільки кальцій і магній, але й гази розчинені у воді (СО₂), органіка, іони інших металів і т.д. - Може вказувати на наявність мінеральних солей у воді або потрапляння солоної води. - Може збільшитися через переповнення санітарних каналізаційних стоків, об'єднаних каналізаційних мереж та скидів стічних вод. - Може перешкоджати осмотичному балансу водних організмів. - Вимірювання загальної мінералізації (солевмісту) в магістралі очисної системи води, до її очищення і після, дозволяє робити оцінку ефективності роботи очисної системи.
Окислювально-відновлювальний потенціал (ОВП)	<ul style="list-style-type: none"> - Вимірювання потенційного потоку електронів між розкислювачами та окисниками, що характеризує окислювальну або відновлювальну потужність розчину. - Низький ОВП може знизити ефективність процесів окислення. - Може служити індикатором природних процесів у джерельній воді (наприклад, обіг). - ОВП може вказувати на наявність відновлюваної речовини у воді

Для того, щоб моніторинг більш ефективно відповідав зазначеній цілі проекту до набору базових параметрів необхідно під'єднати датчики контролю додаткових показників.

1.1 Додаткові параметри для виявлення інцидентів забруднення.

В залежності від типу забруднюючої речовини, додатково до параметрів, вказаних у табл. 1, для виявлення забруднюючих речовин можуть бути використані наступні параметри.

Для неорганічних промислових забруднювачів

- Токсичність. Токсичність є загальним свідченням наявності потенційно отруйної речовини і таким чином може виявити наявність токсичних промислових хімікатів. Монітори токсичності дуже відрізняються по їх реакції на різні хімічні речовини.

- Спектральна абсорбція. Результати виміру спектральної абсорбції можуть бути використані для оцінки концентрацій заліза та марганцю у воді.

Для органічних промислових хімікатів

- Токсичність.

- Спектральна абсорбція.

- Розчинений органічний вуглець (DOC) / Загальний органічний вуглець (TOC)

Для стічних вод

- Токсичність.

- Амоній.

- Нітрати та нітріти.

- Ортофосфати.

- Мутність. Збільшення мутності може свідчити про збільшення концентрації суспензій та мікроорганізмів, які можуть бути присутніми у стічних водах.

1.2 Додаткові параметри для оптимізації процесів очистки води

Окрім параметрів, вказаних в табл. 1 для оптимізації звичайних процесів очищення вод можуть використовуватися:

- Спектральна абсорбція.

- DOC/TOC.

- Фотосинтетичні пігменти. Збільшення фотосинтетичних пігментів є основним показником підвищення активності водоростей.

- Мутність може бути використана для визначення дози коагулянту, необхідної для досягнення цільових показників якості води для стічних вод.

- Аміак. Зміна концентрації аміаку в воді може впливати на рішення щодо додавання хлору для дезінфекції води для питних потреб.

1.3 Додаткові параметри для моніторингу загроз до довгострокової якості води

Для контролю вод у довгостроковій перспективі до показників табл. 1 та п. 1.1, 1.2 можуть бути додані інші параметри.

2 Проектування базової конфігурації станцій моніторингу води

Після вибору контрольованих параметрів та місць розташування, починається етап розробки станцій контролю якості води. Кожен пристрій складеться з датчиків, що використовуються для вимірювання вибраних параметрів, та допоміжного обладнання, необхідного для забезпечення живлення станції, передачі даних у мережу та захисту від небажаних втручань та впливу навколишнього середовища. Фактично, дизайн станції буде залежати від:

- місця розташування;

- параметрів, що підлягають моніторингу на кожній ділянці;

- практичних міркувань щодо встановлення та обслуговування станції на місці

При проектуванні станцій онлайн моніторингу необхідно вирішити низку питань, пов'язаних з реалізацією наступного набору обов'язкових компонентів:

- засоби вимірювання вибраних параметрів;

- спосіб розміщення датчиків, що будуть постійно знаходитися у контакті з водою;

- засоби живлення та енергопостачання;

- засоби передачі даних;

- корпус для монтажу та захисту вимірювальних приладів і допоміжного обладнання;

- заходи для захисту станції від можливого втручання та навколишнього середовища.

Для вимірювання заданого параметра доступні декілька технологій, стосовно станцій онлайн моніторингу можна використовувати занурення датчиків та/або нагнітання води до датчиків, розташованих у поточній комірці.

Для розроблюваної системи використовується перший підхід - занурення пристроїв безпосередньо у воду, це гарантує, що датчики вимірюють якість води з мінімальними порушеннями без змін зразків. Цей метод вибірки корисний для таких параметрів, як розчинний кисень, що може змінюватися через змішування та транспортування до вимірювальної ділянки. Сенсор, призначений для використання таким способом, має бути обладнаний захисним корпусом та засобами періодичного очищення вимірювальної поверхні (склоочисники, щітки або стиснене повітря).

3. Розробка засобів обробки та візуалізації інформації

Для досягнення обраних цілей проектування дані, отримані від станцій моніторингу мають бути перетворені в корисну інформацію. Продуктивна інформація виробляється шляхом аналізу даних разом із наданням відповідних результатів кінцевому користувачеві в доступній та зрозумілій формі. Для досягнення цих цілей система управління інформацією повинна забезпечувати можливості зберігання, доступу, аналізу, повідомлення та візуалізації даних. Причому, методи аналізу та візуалізації будуть відрізнятися для кожної проектної мети

3.1 Аналіз та візуалізація для виявлення інцидентів забруднення

Для підтримки виявлення інцидентів забруднення можна використати два способи обробки даних: аналіз порогових значень та автоматизовані системи виявлення аномалій. Аналіз порогових значень є найпростішим підходом до виявлення випадків забруднення. Пороги засновані на нормальній мінливості кожного параметра у кожному місці, таким чином, перевищення порогу свідчить про аномалію якості води. Пороги можна встановити, використовуючи статистичний аналіз історичних даних, зібраних протягом репрезентативного періоду. Порогові значення зазвичай встановлюються таким чином, щоб уникнути надмірних недійсних сповіщень при збереженні достатньої чутливості до виявлення інцидентів забруднення. Якщо існують значні зрушення у якості води, такі як сезонні зміни, для кожного періоду, що характеризується суттєвою різницею якості води можна встановити базові та унікальні порогові значення.

Автоматизовані системи виявлення аномалій використовують програмні алгоритми, які, як правило, можуть аналізувати поведінку декількох параметрів, виміряних на одній станції моніторингу, для виявлення аномалій.

Для підтримки аналізу даних у режимі реального часу, показники якості води повинні регулярно оновлюватися. У цьому випадку, корисним є розробка інформаційних панелей. Інформаційна панель - це графічний користувацький інтерфейс, що об'єднує та відображає дані з різних джерел просторово та графічно. Приклад інформаційної панелі показаний на рис. 2. Окрім основних, в дизайн панелі можуть бути включені додаткові інформаційні ресурси, що підтримують інтерпретацію даних про якість води, наприклад, дані про погодні умови.

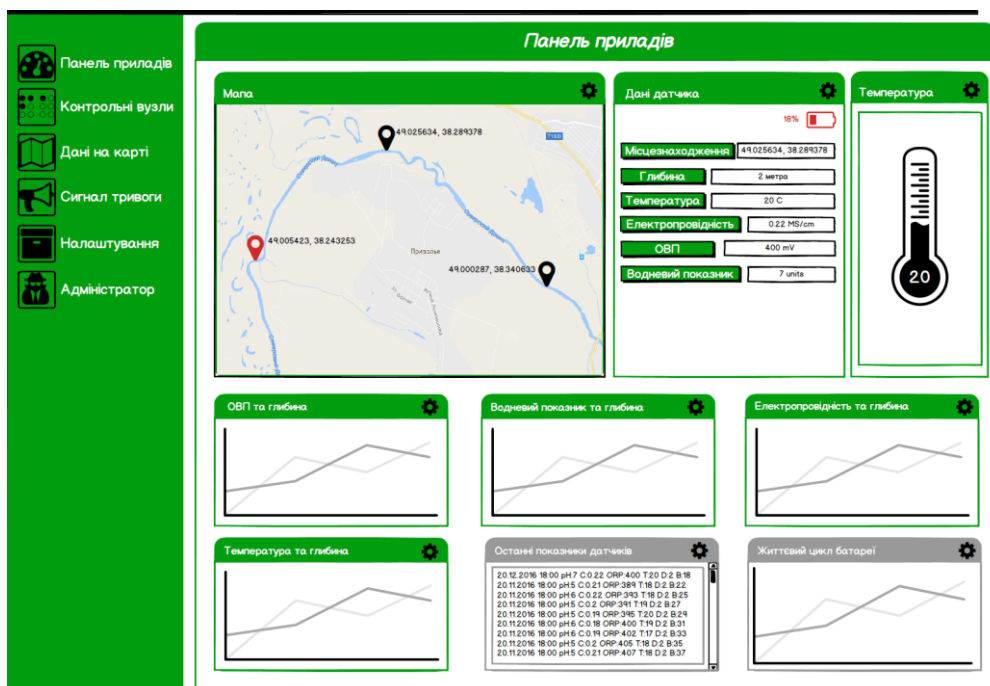


Рисунок 2 – Приклад прототипу інформаційної панелі

При виявленні аномалій в якості води, інформаційна система повинна генерувати попередження та надавати сповіщення про зміни якості води, що потребують уваги. Оскільки оператори можуть не мати час для частого перегляду нових даних, сповіщення повинні бути надані за допомогою спеціальних повідомлень на екрані інформаційної панелі або текстових повідомлень на смартфон, підключений до системи. Сповіщення повинні містити інформацію про час, місце розташування станції, параметр та його поточне значення.

3.2 Аналіз та візуалізація для оптимізації процесів очищення

Процес прийняття рішень щодо очищення води від забруднюючих речовин включає в себе моніторинг даних у режимі реального часу для виявлення змін якості води. Це вимагає розуміння взаємозв'язків між якістю води та необхідністю її коригування.

Аналогічно задачі виявлення інцидентів забруднення, для підтримки оптимізації процесів очищення можна використати два способи: аналіз порогових значень та використання моделей для виконання процесів

очищення. Пороги повинні бути визначені для кожного контрольованого параметра та кожного процесу очищення. Використання порогових значень для оптимізації процесів очищення передбачає моніторинг у реальному часі параметрів, що впливають на продуктивність процесу очищення та налагодження процесу, коли контрольовані показники перетинають раніше визначені пороги. Оскільки більшість процесів впливають на множинні параметри, то окремі порогові параметри, як правило, поодинокі не розглядаються. У цьому випадку, для встановлення порогів можуть бути використана комбінація статистичного аналізу історичних даних про якість води та знання ефективності процесу очищення.

У найпростішому випадку, щоб допомогти операторам визначити потенційно значні зміни якості води, для параметрів, що перетинають порогові значення (мінімальні або максимальні) може бути згенероване сповіщення. Пороговий аналіз часто відображається у вигляді графіків часових рядів, які показують рухоме вікно нещодавно вимірянних значень поряд з їх мінімальними та максимальними порогоми. Статистичний аналіз може бути використаний для розробки порогів, що базуються на типовій мінливості параметра якості води протягом певного періоду часу (наприклад, щодня або щотижня для високо мінливих параметрів, щомісяця або сезонно для менш змінних параметрів). Згідно рекомендацій [11], для порогів слід застосувати п'яти-десяти процентний коефіцієнт безпеки, це дає операторам час для вивчення та реагування на зміну якості води. Другий, аналітичний підхід передбачає використання моделей процесу очищення. Усі моделі можна класифікувати як механічні, статистичні або моделі знання. Механічні моделі відносять входи та виходи до основних властивостей процесів та використовують емпірично визначені коефіцієнти для калібрування моделі на конкретну установку очищення. Статистичні моделі використовуються, коли надійні механістичні моделі недоступні; входи пов'язані з результатами на основі статистичного аналізу історичних даних. Моделі на основі знань використовують такі методи, як машинне навчання та експертні системи для опису складних систем, де існує обмежене розуміння конкретних принципів, які керують системою. Ці моделі використовують знання та людський досвід для прогнозування стану вод у майбутньому. Моделі процесу очищення використовують перевірені дані, отримані від системи онлайн моніторингу, поточні параметри процесу очищення, щоб визначити необхідні кроки для регулювання процесу, наприклад, хімічне дозування речовин для підтримки оптимального очищення.

3.3 Аналіз та візуалізація для моніторингу загроз до довгострокової якості води

Моніторинг загроз для довгострокової перспективи якості води спирається на постійний аналіз даних протягом кількох років, щоб визначити тенденції та постійні зміни в базовому сценарії. Інформація, отримана з системи моніторингу, може допомогти у розробці стратегій для реагування на погіршення якості води. В довгостроковій перспективі проводиться систематичний аналіз, щоб визначити, чи змінено базову лінію для декількох параметрів у конкретному місці де розташовано вимірювальну станцію, і як базова лінія для даного параметра змінилася в декількох місяцях. Ці результати можуть допомогти оцінити, чи є ця зміна широко поширеною по всій поверхневій воді та водорозподілу або ізольована до певної території.

Висновки. Результати, отримані завдяки впровадженню СМПВ, дозволять значно підвищити ефективність обробки інформації щодо стану поверхневих вод, визначити суттєві зміни якості води, впровадити відповідні стратегії поводження та вживати заходів для захисту поверхневих вод. Система може бути використана для виявлення забруднень, що виникають внаслідок аварій (наприклад, скидів хімічних речовин або їх розливів у водні джерела), незвичних викидів (наприклад, неочищені стічні води) та природних подій (наприклад, цвітіння водоростей). СМПВ може бути реалізована як самостійна програма моніторингу, або бути включена в регіональну, державну та глобальну систему моніторингу навколишнього середовища (ГСМНС/вода). Завданнями програми ГСМНС/(Вода) є: моніторинг поширення і трансформації забруднюючих речовин у водному середовищі; оповіщення про серйозні порушення стану водних об'єктів; нагадування урядам про необхідність уживання заходів щодо охорони, відновлення і поліпшення водного середовища.

Література

1. Міністерство екології і природних ресурсів України. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні [Електронний ресурс] – Режим доступу [www. URL https://menr.gov.ua/](http://www.menr.gov.ua/)
2. Степова О.В. Моніторинг поверхневих вод. навчальний посібник / О.В. Степова, В.В. Рома. Полтава: ПолтНТУ, 2017. – 82 с.
3. Smart IoT Technology for Flood and Water Level Monitoring [Електронний ресурс] – Режим доступу [www. URL http://advantech-bb.com/smart-iot-technology-for-flood-and-water-level-monitoring/](http://advantech-bb.com/smart-iot-technology-for-flood-and-water-level-monitoring/) (20.12.2017).
4. Ancona M. An “Internet of Things” Vision of the Flood Monitoring Problem / M. Ancona, A. Dellacasa, G. Delzanno, A. La Camera, I. Rellini // AMBIENT 2015 : The Fifth International Conference on Ambient Computing, Applications, Services and Technologies. – 2015. – pp. 26-29.
5. Eliades D.G. Contamination Event Detection in Water Distribution Systems Using a Model-based Approach / D.G.Eliades, T.P.Lambrou, C.G.Panayiotou, M.M.Polycarpou // Procedia Engineering. – Vol. 89. – 2014. – pp. 1089-1096.
6. Sensor Network Design for Drinking Water Contamination Warning Systems A Compendium of Research Results and Case Studies Using the TEVA-SPOT Software [Електронний ресурс] – Режим доступу [www. URL: https://cfpub.epa.gov/si/si_public_file_download.cfm?p_download_id=498251](https://cfpub.epa.gov/si/si_public_file_download.cfm?p_download_id=498251) (20.12.2017).

7. Geetha S. Review: Internet of things enabled real time water quality monitoring system [Електронний ресурс] / S. Geetha, S. Gouthami // Smart water. – 2015. – Режим доступу [www. URL https://smartwaterjournal.springeropen.com/track/pdf/10.1186/s40713-017-0005-y?site=smartwaterjournal.springeropen.com](http://www.springeropen.com/track/pdf/10.1186/s40713-017-0005-y?site=smartwaterjournal.springeropen.com) (20.12.2017).
8. Li T. Automated Water Quality Survey and Evaluation Using an IoT Platform with Mobile Sensor Nodes / T. Li, M. Xia, J. Chen, Y. Zhao, C. de Silva // Sensors 2017. – Vol. 17. – 1735; doi:10.3390/s17081735.
9. Robles T. An IoT based reference architecture for smart water management processes / T. Robles, R. Alcarria, D. Mart'ın, M. Navarro, R. Calero, S. Iglesias, and M. Lopez // Journal of Wireless Mobile Networks, Ubiquitous Computing, and Dependable Applications (JoWUA). – 2015. – vol. 6, no. 1. – pp. 4-23.
10. Критська Я.О. Система моніторингу водних об'єктів на основі IoT / Я.О. Критська, Р.В. Сіряк, І.С. Скарга-Бандурова // Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXV міжнародної науково-практичної конференції MicroCAD-2017, 17-19 травня 2017р.: у 4 ч. Ч. IV. / за ред. проф. Сокола Є.І. – Харків: НТУ «ХПІ». – С. 92.
11. Online Source Water Quality Monitoring for Water Quality Surveillance and Response Systems [Електронний ресурс] – Режим доступу [www. URL: https://www.epa.gov/sites/production/files/2016-09/documents/online_source_water_monitoring_guidance.pdf](http://www.epa.gov/sites/production/files/2016-09/documents/online_source_water_monitoring_guidance.pdf) (20.12.2017).

References

1. Ministerstvo ekolohiyi i pryrodnykh resursiv Ukrainy. Natsional'na dopovid' pro stan navkolyshn'oho pryrodnoho seredovyscha v Ukraini [Elektronnyy resurs] – Rezhym dostupu [www. URL https://menr.gov.ua/](http://www.menr.gov.ua/)
2. Stepova O.V. Monitorynh poverkhnevyykh vod. navchal'nyy posibnyk / O.V. Stepova, V.V. Roma. Poltava: PolNTU, 2017. – 82 s.
3. Smart IoT Technology for Flood and Water Level Monitoring [Elektronnyy resurs] – Rezhym dostupu [www. URL http://advantech-bb.com/smart-iot-technology-for-flood-and-water-level-monitoring/](http://advantech-bb.com/smart-iot-technology-for-flood-and-water-level-monitoring/) (20.12.2017).
4. Ancona M. An “Internet of Things” Vision of the Flood Monitoring Problem / M. Ancona, A. Dellacasa, G. Delzanno, A. La Camera, I. Rellini // AMBIENT 2015 : The Fifth International Conference on Ambient Computing, Applications, Services and Technologies. – 2015. – pp. 26-29.
5. Eliades D.G. Contamination Event Detection in Water Distribution Systems Using a Model-based Approach / D.G. Eliades, T.P. Lambrou, C.G.Panayiotou, M.M.Polycarpou // Procedia Engineering. – Vol. 89. – 2014. – pp. 1089-1096.
6. Sensor Network Design for Drinking Water Contamination Warning Systems A Compendium of Research Results and Case Studies Using the TEVA-SPOT Software [Elektronnyy resurs] – Rezhym dostupu [www. URL: https://cfpub.epa.gov/si/si_public_file_download.cfm?p_download_id=498251](http://www.epa.gov/si/si_public_file_download.cfm?p_download_id=498251) (20.12.2017).
7. Geetha S. Review: Internet of things enabled real time water quality monitoring system [Elektronnyy resurs] / S. Geetha, S. Gouthami // Smart water. – 2015. – Rezhym dostupu [www. URL https://smartwaterjournal.springeropen.com/track/pdf/10.1186/s40713-017-0005-y?site=smartwaterjournal.springeropen.com](http://www.springeropen.com/track/pdf/10.1186/s40713-017-0005-y?site=smartwaterjournal.springeropen.com) (20.12.2017).
8. Li T. Automated Water Quality Survey and Evaluation Using an IoT Platform with Mobile Sensor Nodes / T. Li, M. Xia, J. Chen, Y. Zhao, C. de Silva // Sensors 2017. – Vol. 17. – 1735; doi:10.3390/s17081735.
9. Robles T. An IoT based reference architecture for smart water management processes / T. Robles, R. Alcarria, D. Mart'ın, M. Navarro, R. Calero, S. Iglesias, and M. Lopez // Journal of Wireless Mobile Networks, Ubiquitous Computing, and Dependable Applications (JoWUA). – 2015. – vol. 6, no. 1. – pp. 4-23.
10. Kryt's'ka Ya.O. Systema monitorynhu vodnykh ob'yektiv na osnovi IoT / Ya.O. Kryt's'ka, R.V. Siryak, I.S. Skarha-Bandurova // Informatsiyi tekhnolohiyi: nauka, tekhnika, tekhnolohiya, osvita, zdorov'ya: tezy dopovidey KhXV mizhnarodnoyi naukovo-praktychnoyi konferentsiyi MicroCAD-2017, 17-19 travnya 2017r.: u 4 ch. Ch. IV. / za red. prof. Sokola Ye.I. – Kharkiv: NTU «KhPI». – S. 92.
11. Online Source Water Quality Monitoring for Water Quality Surveillance and Response Systems [Elektronnyy resurs] – Rezhym dostupu [www. URL: https://www.epa.gov/sites/production/files/2016-09/documents/online_source_water_monitoring_guidance.pdf](http://www.epa.gov/sites/production/files/2016-09/documents/online_source_water_monitoring_guidance.pdf) (20.12.2017).

Критская Я.А., Великжанин А.Ю., Скарга-Бандурова И.С., Суворин А.В.

МЕТОДОЛОГИЯ РАЗРАБОТКИ СИСТЕМЫ ОНЛАЙН МОНИТОРИНГА ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД

Статья посвящена разработке стратегии проектирования и системы онлайн мониторинга поверхностных вод, основанной на технологии Интернет вещей. Определены основные этапы проектирования системы, выбраны базовые и дополнительные параметры для контроля качества поверхностных вод, выдвинуты требования к базовой конфигурации станций мониторинга, средств анализа и визуализации данных.

Ключевые слова: методология, система, онлайн мониторинг, поверхностные воды, контроль, параметр, данные

Y.O. Krytska, A.Yu. Velykchanin, I.S. Skarga-Bandurova, O.V. Suvorin

A FRAMEWORK FOR DESIGNING THE ONLINE MONITORING SYSTEM FOR SURFACE WATERS

The paper focuses the problem of the designing efficient and simple solution for surface water quality monitoring. A framework for developing online monitoring system based on Internet of Things technology is represented. The main stages of the system design were discussed. The basic and additional parameters for surface water quality control were selected, requirements for the basic configuration of monitoring stations, data analysis and data visualization were introduced.

Keywords: framework, system, online monitoring, surface waters, control, parameter, environmental data

Відомості про авторів:

Критська Я.О. – асп., ст. викл. кафедри комп'ютерних наук та інженерії Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля.

Великжанін А.Ю. – асп. кафедри комп'ютерних наук та інженерії Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля.

Скарга-Бандурова І.С. – д.т.н., доц., завідувач кафедри комп'ютерних наук та інженерії Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля.

Суворін О.В. – докт. техн. наук, проф., завідувач кафедри хімічної інженерії та екології Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля.