

7.3 Формування інформаційної QR – технології моніторингу стану поверхневих вод на територіях, які постраждали внаслідок бойових дій

Агресія з боку РФ та багатоденні військові дії на теренах України призвели попри величезних людських втрат та порушення цивільної інфраструктури до значного погіршення стану навколишнього середовища. І це має додатковий сумуючий ефект з раніше визнаними негативними чинниками. По-перше, існуючи «базові» умови території України відзначають необхідність ретельного моніторингу стану навколишнього середовища. Значні антропогенні впливи, пов'язані із діяльністю промисловості, сільськогосподарського та житлово-комунального сектору порушують докільля значним чином та викликають занепокоєння всієї світової спільноти.

Для міст, що є осередками антропогенної діяльності, ситуація може бути ускладнена комплексним впливом низки негативних чинників, таких як автотранспорт [291], промисловість [292, 293], поверхневий стік [294], побутові відходи [295, 296] тощо. Ці фактори часто чинять сумарний ефект на елементи довкілля та вказують на нагальну потребу інноваційних підходів до збереження природної складової міст [297, 298].

По-друге, серед іншого можна відзначити додатковий вплив медичних відходів, що утворились при пандемії COVID -19, на стан зашарашеності міст та потребу в логістичній організації поводження з цією групою відходів [299, 300]. Має місце значне забруднення пластиком та мікропластиком від персонального захисного обладнання (маски, респіратори, рукавички, халати тощо), яке використовується при пандемії COVID -19, хоча відзначаються й малодосліджені хімічні впливи цих засобів на живі організми, водні об'єкти та ґрунти [301, 302].

В цих умовах актуальним питанням виступає дослідження стану водних об'єктів в місцях проживання населення та виокремлення чинників, що його визначають [303]. При цьому можуть застосовуватись різні методи та підходи. Так, в роботі [304] автори пропонують комплексне багатопараметричне

оцінювання стану міських річок з використанням онлайн моніторингу. Для дослідження було обрано 17 параметрів із 7 monitoring stations. При цьому додатково обчислювався індекс якості води. В роботі [305] використано параметр електропровідності для визначення антропогенних впливів окремих населених пунктів Полтавського регіону (Україна) на стан річки, що ними протікає. Дослідження складу і кількості фітопланктону було здійснено в роботі [306] з застосуванням біомаркерів та подальшою математичною обробкою отриманих даних. Отримані кореляційні залежності вказують на вплив фізико-хімічних параметрів на склад фітопланктону в міській Fenhe River (Китай).

Індекс якості води використано для визначення якості води джерел Кашмірської долини у зв'язку з їх географічним розташуванням, регіональними гідрогеологічними умовами, антропогенною діяльністю та зміною клімату [307]. Отримані дані вказують на потенційну можливість використання джерельної води для забезпечення попиту населення долини Кашемір (Індія) у питній воді.

X-ray fluorescence method використано для дослідження низки джерел питної води м. Харкова (Україна) [308]. Автори визначають вміст важких металів та звертають увагу на необхідність вжиття більш ефективних заходів до забезпечення якості деяких джерел. В роботі [309] автори використовують різні математичні методи обробки даних та відзначають, що машинне навчання має очевидні загальні переваги та є більш придатним для прогнозування класифікованої інверсії параметрів якості міської річкової води.

Додатковими ускладнюючими чинниками в містах виступають надзвичайні ситуації, які можуть несистемно виникати та вносити додаткові негативні наслідки в довкілля [310, 311]. При чому як ліквідація цих наслідків [312], так і прогнозування їх виникнення та розповсюдження [313] є окремим складним завданням.

Як приклади надзвичайних ситуацій, що пов'язані із зміною якості води в містах, можна відзначити пошкодження резервуарів в 2019 р. на очисній станції Czajka" у м. Варшава (Польща) [314] та подальший виток забруднюючих речовин в річку Вісла. Порушення цілісності відстійника в м. Байя Маре (Румунія) в 2000

р. [315] стало причиною потрапляння значної кількості ціанідів та важких металів [316] до річки Сасар та низки інших річок. Значні порушення довкілля та життєдіяльності людей надалі спричинили перегляд європейського законодавства щодо поводження з промисловими відходами та вплинули на роботу підприємства в частині захисту довкілля.

Вплив стихійних лих та ризики, що мають місце при забудові міст, розглянуто авторами роботи [317]. Досліджується взаємозв'язок повеней, соціальних чинників та зростання міської забудови в долині Катманду (Непал), а також вказується на необхідність політичних заходів для зменшення ризиків природної небезпеки. В свою чергу, в [318] автори наголошують на використанні Blue–Green Infrastructure for Flood Management in cities of Southeast Asia та необхідності подальших досліджень в цьому напрямку. В роботі [319] відзначається, що необхідні комплексні технічні та політичні дослідження, які б враховували потужності водопровідних систем та країн, а також потреби населення при надзвичайних ситуаціях на різних етапах їх розвитку.

Для централізованих систем водопостачання міст також опрацьовуються та розробляються різні варіанти реагування, що базуються на моніторингу стану низки чинників. Так, авторами [320] використовується набір інструментів для моделювання водного переносу в системі реального часу. Зокрема, відстежується рух води, його просторовий розподіл, , зміна концентрації токсичних речовин тощо, які можуть спричинити надзвичайні ситуації, то оцінюються ризики виникнення останніх.

В той же час для окремих водних об'єктів, що розташовані в межах міст, подібні інструментарії реалізувати складно. Немаловажним при цьому виступають економічна доцільність та технічні можливості систем моніторингу.

У свою чергу, наслідки впливу боєприпасів на навколишнє середовище, в результаті ведення бойових дій, слід віднести до надзвичайної ситуації, яка спричиняє додатковий значний негативний вплив на водні об'єкти, що знаходяться в містах постійного проживання населення. При цьому організація моніторингу стану таких водних об'єктів, та попередження потенційних

надзвичайних ситуацій, пов'язаних із їх забрудненням, є актуальним питанням сьогодення, вирішення якого є окремим складним завданням.

Враховуючи вищезазначене, метою роботи є розробка організаційно-технічних методів здійснення моніторингу стану водних об'єктів в межах територій проживання населення, що постраждали внаслідок бойових дій.

Як базис в роботі пропонується використовувати методику попередження надзвичайних ситуацій, пов'язаних з забрудненням водних об'єктів.

Те, що бойові дії чинять значний негативний та пролонгований вплив на стан довкілля та водних об'єктів, зокрема, відзначається в багатьох публікаціях.

Доповідь UNEP [321] зазначає, що бойові дії в Сирії, Іраці, на Донбасі (Україна) спричинили значні людські жертви, руйнування інфраструктури та потрапляння забруднюючих речовин в ґрунти, повітря, воду. Внаслідок пошкодження військової техніки, вибухів снарядів та знаходження в полях, воді значної кількості боєприпасів протягом довгого часу має місце потрапляння в довкілля важких металів, фосфору та інших небезпечних сполук, у тому числі і радіоактивних [322]

Відзначається, що бойові дії в Україні (2022 р.), зокрема, пов'язані із обстрілами міст, призвели до потрапляння в повітря значної кількості твердих часток, димових газів від вибухів боєприпасів та пожеж, що відбувались при цьому [323]. Відмічається, що осідання цих речовин призведе до підвищення забруднення водних об'єктів та ґрунтів на досить значних територіях. В той же час, складним питанням залишається селективність визначення забруднень та їх рівень.

В роботі [324] автори вказують на значне погіршення якості поверхневої води місцевості на півдні Іраку як наслідок військових дій та пропонують багатопараметричне дослідження із залученням прогностичних моделей для визначення їх стану. Доповідь OSCE щодо екологічних наслідків бойових дій на Донбасі (Україна) вказує на значне порушення довкілля та необхідність термінового вирішення екологічних проблем регіону. Відзначається також

необхідність економічної оцінки екологічних збитків внаслідок бойових дій на цій території [326].

В цілому, на сьогодні має місце недостатність наукових даних щодо впливу збройних конфліктів на водні ресурси та управління ними, а також відсутність концептуальних взаємодій в частині управління водними ресурсами при збройних конфліктах, що відмічається авторами [327].

Питання оцінки забруднення довкілля внаслідок вибухів боєприпасів має комплексний характер. Як наголошувалось вище, в умовах бойових дій в містах кількісно оцінити рівень забруднення довкілля або окремих його складових є дуже складною, практично неможливою, задачею, як і забезпечення екологічного моніторингу взагалі. Недостатня кількість фактичного матеріалу та складність отримання науково обґрунтованих даних спонукають робити певні припущення.

Так, багато дослідників для оцінки впливів на довкілля використовують дані щодо вибухів на складах боєприпасів, які мали місце раніше. Зокрема, в роботах [328, 329] автори аналізують чинники, що впливають на частоту надзвичайних ситуацій на артскладах, здійснюють кількісну оцінку боєприпасів, що вибухнули, та розрахунковим способом визначають, яка кількість ртуті потрапила в довкілля при вибухах певного виду боєприпасів. При цьому відсутні подальші прогностні впливи для населення та його життєдіяльності внаслідок такого забруднення.

Автори в роботах [330, 331, 332] відзначають значний екологічний вплив на довкілля вибухів боєприпасів. При цьому вони вказують, що єдина методика оцінки потенційного ризику життєдіяльності населення, що мешкає на прилеглій до аварійного об'єкту території відсутня. Як важливий елемент визначення екологічних наслідків вони пропонують оцінку ризиків захворюваності населення, обумовлене хімічним забрудненням питної води або атмосферного повітря, а також оцінку потенційного ризику життєдіяльності населення після аварії на складі боєприпасів. Розрахунок ризиків передбачає наявність експериментальних даних щодо стану атмосферного повітря або водного

об'єкта, що, відповідно, потребує додаткових досліджень. Ці ж автори зазначають, що внаслідок надзвичайної ситуації на складі боєприпасів в с. Новобогданівка (Україна) в атмосферне повітря потрапили сажа, пил, свинець та його сполуки, оксиди вуглецю, азоту та сірки [330, 331]. Перевищення цих забруднюючих речовин в атмосферному повітрі складало десятки тисяч разів. А отримані значення ризиків вказують на небезпеку як довготривалих вибухів для населення так й небезпеку при його знаходженні в 5-ти кілометровій зоні від осередку вибухів за використаних вихідних умов. Дані щодо вмісту важких металів в р. Молочна поблизу с. Новобогданівка (таблиця 1) дозволили авторам розрахувати ризики захворюваності населення, обумовлені хімічним забрудненням питної води [332]. Значення Mn, Cu, Zn, Cd, Pb, Cr, Ni, Fe, виміряні у річці після вибухів боєприпасів, використано в розрахунках. Отримані значення коефіцієнта небезпеки і ризику канцерогенного ефекту для питного водозабезпечення населення вказали, що наявність сполук міді, цинку, марганцю та заліза підвищує показник сумарного коефіцієнту відносної небезпеки над прийнятним рівнем ризику.

При цьому слід відмітити таргетність досліджень, високу вартість та тривалість їх визначення.

Таким чином, можна відмітити, що існуючи підходи до оцінки впливів бойових дій на об'єкти довкілля, зокрема, водні об'єкти, розташовані в межах міських територій, потребують певних припущень та тривалих досліджень. Єдиної методології на сьогодні не існує.

Таблиця 1. Дані про утримання розчинних форм неорганічних сполук у поверхневих водах р. Молочна [332] внаслідок надзвичайної ситуації на складі боєприпасів в с. Новобогданівка

Параметр	Cu	Mn	Zn	Cd	Pb	Cr	Ni	Fe
Концентрація іонів у воді, мг/л	9,5±0,9	0,414±0,004	0,97±0,1	0,021±0,001	0,62±0,4	0,239±0,002	1,06±0,06	11,6±0,3
ГДК	0,1	1,0	1,0	0,01	0,03	0,05	0,1	10,0

При цьому слід відмітити таргетність досліджень, високу вартість та тривалість їх визначення.

Таким чином, можна відмітити, що існуючи підходи до оцінки впливів бойових дій на об'єкти довкілля, зокрема, водні об'єкти, розташовані в межах міських територій, потребують певних припущень та тривалих досліджень. Єдиної методології на сьогодні не існує.

Запропонований раніше [333, 334] авторський підхід в рамках методів попередження надзвичайних ситуацій, пов'язаних з потраплянням забруднюючих речовин у воду та ґрунт, включає такі процедури як визначення електропровідності досліджуваних водних розчинів, розрахунок коефіцієнта ідентифікації [333, 335], порівняння з референтним значенням та оцінювання небезпеки від окремих етапів виробництва чи небезпечних чинників з подальшим прийняттям керівних рішень. Використання параметру електропровідності дозволяє експресно оцінювати загальний солеміст [335] водного розчину, а розрахунок коефіцієнта ідентифікації – ідентифікувати небезпеку. Цей підхід є екологічно безпечним та недорогим у використанні.

За запропонованим підходом у якості референтного значення коефіцієнту ідентифікації пропонувалось використовувати приписані значення коефіцієнту ідентифікації, отримані для досліджуваних елементів довкілля, зокрема водних об'єктів, протягом, певного часу (наприклад, декількох сезонів). І надалі з ними порівнювали подальші визначені значення цих коефіцієнтів для цих же об'єктів. Необхідність отримання декількох значень коефіцієнта ідентифікації протягом року є необхідною складовою довгострокового процесу своєчасної ідентифікації небезпеки та попередження надзвичайної ситуації, оскільки природні води, особливо поверхневі, є вразливими до факторів довкілля, які за своєю природою мають тривалий характер прояву та негативного накопичення.

Вибухи боєприпасів, як зазначалось вище, спричиняють значне забруднення довкілля і водних об'єктів в тому числі. При цьому має місце багатократне перевищення забруднюючих речовин над їх ГДК у довкіллі (табл.1), що ідентифікується фізичними та фізико-хімічними методами аналізу.

В умовах здійснення моніторингу стану таких об'єктів аналітична частина, очевидно, має вносити вагому частку в його економічне та технічне забезпечення.

В міських умовах, коли забруднення, внаслідок бойових дій, зазнають значні території з об'єктами інфраструктури, забезпечення моніторингу стану водних об'єктів може виступати як самостійним елементом дослідження стану довкілля, так і бути складовою частиною попередження надзвичайних ситуацій різного характеру.

Враховуючи вищезазначене, в роботі пропонується наступна методологія подальших досліджень та здійснення моніторингу стану водних об'єктів в місцях проживання населення, які що постраждали внаслідок бойових дій.

1. Вибір місць відбору проб води та періодичності досліджень
2. Вимірювання електропровідності проб води
3. Розрахунок коефіцієнтів ідентифікації досліджуваних проб води.
4. Порівняння з референтними значеннями коефіцієнта ідентифікації.
5. Прийняття управлінських рішень щодо стану вод.

Перший етап повинен враховувати розміри водного об'єкта, глибину відбору проб, ураженість території, ступінь забруднення вод тощо.

Другий етап передбачає безпосередньо експрес-дослідження електропровідності проб води. Може бути здійснений в лабораторних умовах або на місцевості.

На третьому етапі розраховується коефіцієнт ідентифікації досліджуваних проб. Цей етап також може бути проведений в польових умовах. Він може включати усереднення отриманих значень коефіцієнта ідентифікації з урахуванням статистичних критеріїв Грабса, Стьюдента тощо.

Четвертий етап є вирішальним в частині визначення стану водного об'єкта або окремих його складових. Він передбачає порівняння отриманих коефіцієнтів ідентифікації зразків води із даними, отриманими до початку бойових дій. В цьому випадку можливі сезонні флуктуації складу води вже не враховуються, бо переважаючим є вплив забруднюючих речовин внаслідок бойових дій (табл. 1).

Передбачається, що на цьому етапі здійснюється також ідентифікація небезпеки (які самі забруднюючі речовини або їх сукупність наявні у воді або які саме небезпечні чинники змінюють її стан).

Останній, п'ятий етап, передбачає прийняття необхідних управлінських рішень як в частині поводження з водним об'єктом, так і в частині першочергового зменшення впливу на нього небезпек. Його реалізація дозволяє цільово розподілити економічні ресурси та застосувати необхідні природоохоронні технології.

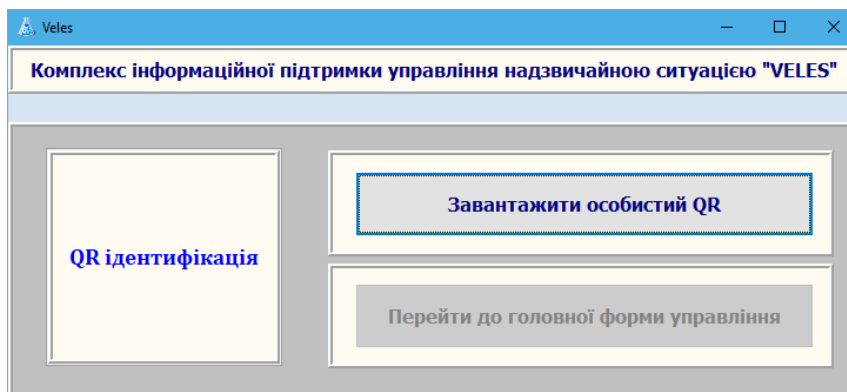
Очевидно, що кожен з цих етапів потребує вирішення окремих задач та реалізації додаткових процедур, що будуть індивідуальні для досліджуваних водних об'єктів.

Запропонована методологія здійснення моніторингу стану водних об'єктів в місцях проживання населення, що постраждали внаслідок бойових дій, може бути повністю або частково автоматизованим, в тому числі, й з застосуванням онлайн технологій. Він є на думку авторів, особливо необхідним для невеликих населених пунктів, що не мають значних економічних та технічних потужностей для інструментального тривалого моніторингу стану водних об'єктів в зазначених умовах. Можлива інтеграція даного алгоритму здійснення моніторингу стану водних об'єктів в систему цивільного захисту, зокрема, в частині попередження надзвичайних ситуацій.

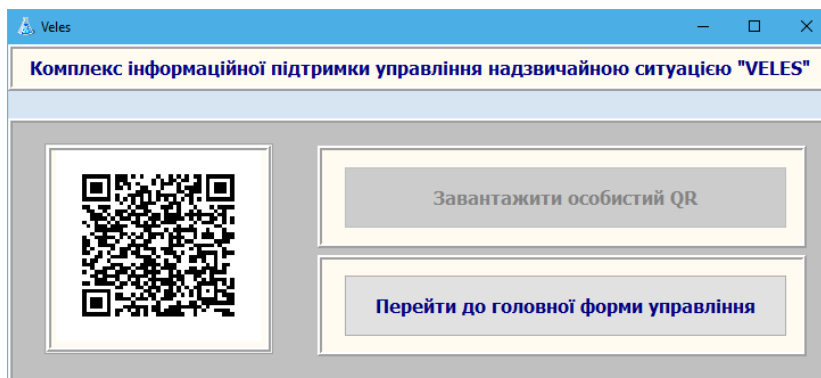
Наведене вище є основою створення інформаційної технології аналітичної підтримки QR - управління надзвичайною ситуацією техногенного характеру на територіях як постраждали під час бойових дій створено мовою візуального програмування високого рівня Object Pascal у середовищі Delphi. Необхідна інформація для поповнення бази даних заповнюється за відкритими джерелами, наявною нормативною базою та наочним спостереженням. Інформаційна технологія має клієнт-серверну архітектуру (малюнок 1) і застосовує MySQL в якості системи управління та упорядкування базами даних.

Перший етап роботи з інформаційною технологією аналітичної підтримки QR - управління надзвичайною ситуацією техногенного характеру на територіях

як постраждали під час бойових дій передбачає проходження персональної QR ідентифікації, що дозволяє забезпечити дотримання Загальноєвропейських принципів опрацювання персональних даних у відповідності до вимог (малюнок 2).

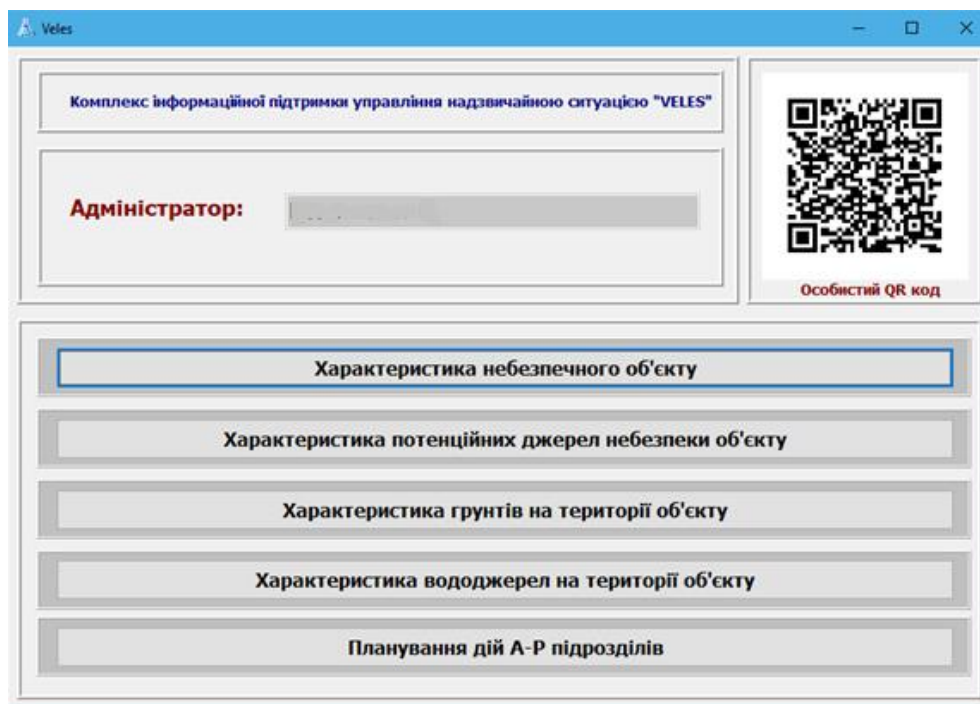


Малюнок 1. Інтерфейс блоку QR-ідентифікації користувачів.



Малюнок 2. Приклад проведення процедури QR-ідентифікації користувачів.

Структура інформаційної технології аналітичної підтримки QR - управління надзвичайною ситуацією техногенного характеру на територіях як постраждали під час бойових дій містить 5 основних компонент, які представлені на малюнку 3.



Малюнок 3. Структура інформаційної технології аналітичної підтримки QR - управління надзвичайною ситуацією техногенного характеру на територіях як постраждали під час бойових дій.

- 1) Блок характеристик небезпеки об'єкту небезпечного виробництва.
- 2) Блок характеристик джерел потенційної небезпеки на територіях які постраждали під час бойових дій.
- 3) Блок аналізу ґрунтів на територіях які постраждали під час бойових дій.
- 4) Блок аналізу ґрунтових вод на територіях які постраждали під час бойових дій.
- 5) Блок планування дій аварійно-рятувальних підрозділів з попередження надзвичайної ситуації техногенного характеру на територіях які постраждали під час бойових дій.

Таким чином, можна відзначити, що стан довкілля в містах на сьогодні викликає занепокоєння в багатьох країнах. Водні об'єкти, розташовані в містах, є предметом ретельних досліджень, часто із застосуванням складних та дорогих підходів.

Отримано, що додаткових негативних впливів водні об'єкти в містах зазнають внаслідок надзвичайних ситуацій, одним з видів яких є бойові дії.

Аналіз впливу бойових дій на стан довкілля показав значні негативні прямі та опосередковані наслідки. Відмічається недостатність фактичних даних щодо дослідження вибухів боєприпасів на стан водних об'єктів, складність та дороговизна відомих підходів з оцінки їх впливу на довкілля.

Запропоновано використовувати підходи з попередження надзвичайних ситуацій в частині здійснення моніторингу стану поверхневих вод в місцях проживання населення, які постраждали внаслідок бойових дій, що дозволило розробити методологію QR - технології здійснення моніторингу стану водних об'єктів в місцях проживання населення, які постраждали внаслідок бойових дій. Вона базується на отриманні електропровідностей та коефіцієнтів ідентифікації досліджуваних водних об'єктів, де референтними значеннями виступають дані, отримані до початку бойових дій, з подальшим прийняттям необхідних управлінських рішень

Як переваги даної методології слід відмітити експресність, безпечність, та інформативність, можливість самостійного та інтегрованого застосування, в тому числі, й у автоматизованому режимі. Запропоновано її застосування в невеликих населених пунктах, що не мають значних економічних та технічних потужностей для інструментального тривалого моніторингу стану водних об'єктів в зазначених умовах.