

# Моніторинг Якісного і Кількісного Складу Органічних Забруднень, що Потрапляють у Водні Об'єкти Внаслідок Військових Дій

Олександр Малько  
кафедра інформаційно-телекомунікаційних технологій  
та систем  
Івано-Франківський національний технічний  
університет нафти і газу  
Івано-Франківськ, Україна  
malko.pochta @.gmail.com

Олена Заміховська  
кафедра інформаційно-телекомунікаційних технологій  
та систем  
Івано-Франківський національний технічний  
університет нафти і газу  
Івано-Франківськ, Україна  
olena.zamikhovska@nung.edu.ua

## Monitoring of the Qualitative and Quantitative Composition of Organic Pollutants Entering Water Bodies as a Result of Military Operations

Oleksandr Malko  
department of information and telecommunication  
technologies and systems  
Ivano-Frankivsk National  
Technical University of Oil and Gas  
Ivano-Frankivsk, Ukraine  
malko.pochta @.gmail.com

Olena Zamihovska  
Department of Applied Programming and Computing  
Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and  
Gas  
Ivano-Frankivsk, Ukraine  
olena.zamikhovska@nung.edu.ua

*Анотація* - Внаслідок військових дій виникають викиди забруднювальних речовин, найчастіше біологічної природи (прикладом є руйнування Каховської греблі), для запобігання патогенних наслідків необхідне оперативне їх визначення та знешкодження. Найбільш ефективним є визначення якісного і кількісного складу біологічних забруднень за виміром динамічного поверхневого натягу водних об'єктів. Це дозволяє створення систем оперативного автоматичного моніторингу забруднень. Основою інструментальної реалізації є інноваційний метод пульсуючого мениска.

*Abstract* - As a result of military operations, there are emissions of pollutants, most often of a biological nature (an example is the destruction of the Kakhov Dam), prompt identification and neutralization is necessary to prevent pathogenic consequences. The most effective is the determination of the qualitative and quantitative composition of biological pollution by measuring the dynamic surface tension of water bodies. This allows the creation of systems of operational automatic pollution monitoring. The basis of the instrumental implementation is the innovative method of the pulsating meniscus.

*Ключові слова* — моніторинг, органічні забруднення система, поверхневий натяг, мениск, вплив, інформація,

*Keywords* — monitoring, organic pollution system, surface tension, meniscus, impact, information,

### I. ВСТУП

Повномасштабне вторгнення російських військ на територію України у привело до значних екологічних проблем для південно-східного регіону нашої держави і не тільки. Проте ще з початку збройного конфлікту бойові дії систематично порушували роботу систем енергоживлення, водопостачання, водовідведення та утилізації відходів у Донецькій та Луганській областях. Збиток навколишньому середовищу під час збройного конфлікту, як правило, спричиняється чотирма способами веденням бойових дій, тобто використанням засобів зброї та тактики, видобутком та експлуатацією природних ресурсів, військовим екологічний слідом при маневруванні навколо бойового простору та вакуумом управління. Руйнування

інфраструктури, пов'язаної з водопостачанням та водовідведенням, хімічне забруднення, відключення електроенергії об'єктів, що скидають стічні води, на сьогодні становлять загрозу не тільки для водних ресурсів, але для екосистем в цілому. Випадки пошкодження комунальних каналізаційних та водопровідних мереж були зафіксовані в більшості населених пунктів вздовж лінії зіткнення, неодноразово порушувалась і призупинялась робота об'єктів системи водопостачання та водоочищення, створюючи умови для спонтанного аварійного забруднення. Прямі ризики для здоров'я населення викликані впливом небезпечних речовин, що містяться в залишках боєприпасів, через які токсичні речовини просочуються в ґрунт і впливають на якість поверхневих і підземних вод. Зрозуміло, що зараз неможливо зафіксувати усі екологічні злочини в Україні, але вже з першого дня війни були задокументовані обстріли та бомбардування промислових та енергетичних об'єктів, забруднення Чорного та Азовського морів (у тому числі через затоплення суден).

## II. МЕТОДОЛОГІЯ РОЗРОБКИ ТА ВПРОВАДЖЕННЯ ІТ ДЛЯ ОНЛАЙН МОНІТОРИНГУ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД

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, БПК<sub>5</sub>, 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, БПК<sub>5</sub>, нітрати, азоту амонійного, нафтопродукти, залізо, фосфатів); в басейні р. Зах. Буг та і Сян спостерігається підвищене забруднення за восьми показниками (ХПК, БПК<sub>5</sub>, нітриту, нітрати, азоту амонійного, завислих речовин, заліза та фосфатів); в басейні р. Пів.Буг – за шістьма показниками (БПК<sub>5</sub>, нітрати, азоту амонійного, нафтопродукти, залізо, фосфатів); в басейні р. Дністр – п'ять наднормових показників (нітрати, нітриту, 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 здійснюються, 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. 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.

### III. ВИСНОВКИ

Результати, отримані завдяки впровадженню системи моніторингу поверхневих вод 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 REFERENCES

[1] Література Ре 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://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-](http://advantech-bb.com/smart-iot-technology-for-flood-and-water-level-monitoring/)

[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](http://www. URL: 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. URL https://smartwaterjournal.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] 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. URL https://menr.gov.ua/)

[12] Stepova O.V. Monitorynh poverkhnevykh vod. navchal'nyy posibnyk / O.V. Stepova, V.V. Roma. Poltava: PoltNTU, 2017. – 82 s.

[13] 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).

[14] 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.

[15] 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 // Informatsiyini 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.