

В. Б. Мокін<sup>1</sup>  
Л. М. Скорина<sup>1</sup>  
Д. Ю. Дзюняк<sup>2</sup>  
І. В. Варчук<sup>1</sup>  
О. В. Бурдейна<sup>1</sup>  
С. О. Довгополюк<sup>1</sup>  
О. М. Давидюк<sup>1</sup>  
А. Р. Богачук<sup>1</sup>  
А. В. Бурденюк<sup>1</sup>

## НОВИЙ ПІДХІД ДО АНАЛІЗУ ДАНИХ ЕКСПРЕС- МОНІТОРИНГУ ЯКОСТІ ВОД З МЕТОЮ ПОШУКУ ДЖЕРЕЛ ЇХ ЗАБРУДНЕННЯ

<sup>1</sup> Вінницький національний технічний університет;  
<sup>2</sup> ТОВ «П.А.Р.И.Т.Е.Т»

### *Анотація*

Запропоновано новий підхід та алгоритм аналізу даних експрес-моніторингу якості вод з метою пошуку джерел їх забруднення. Проведено його випробування на прикладі однієї з приток річки Південний Буг.

**Ключові слова:** експрес-моніторинг, якість води, експеримент, забруднення річки, створ повного змішування.

### *Abstract*

A new approach and algorithm of analysis of data of express-monitoring of water quality with the purpose of searching for sources of their pollution is proposed. His test was conducted on the example of one of the tributaries of the Southern Bug River.

**Keywords:** express-monitoring, water quality, experiment, pollution of the river, section of complete mixing.

### **Вступ**

З кожним роком якість води річок погіршується. Однією з причин забруднення є випуски стічних вод у поверхневі води. Через відсутність достатньої кількості автоматизованих постів онлайн моніторингу якості та кількості вод не можна швидко зафіксувати перевищення значень ГДК показників якості води та здійснити якісний аналіз даних з метою пошуку джерел забруднення. Знайти місцезнаходження джерел забруднення можна на основі математичних моделей процесів розбавлення забруднюючих речовин в умовно чистих річкових водах за наявності оперативних даних.

Метою роботи є розроблення підходу до аналізу даних експрес-моніторингу якості вод з метою пошуку джерел їх забруднення та оцінювання процесу його розбавлення.

### **Підхід до аналізу даних експрес-моніторингу**

Для виявлення місць скидання забруднюючих речовин у водотоки пропонується алгоритм аналізу даних експрес-моніторингу показників якості та кількості вод:

1. Удосконалити математичний апарат поширення забруднюючих речовин у річці після скидання, розв'язавши зворотну задачу: на основі зафіксованих перевищень ГДК показників якості води встановити місцезнаходження й параметри джерела забруднення. Задачу вирішено, що є матеріалом іншого дослідження.

2. Визначити схему проведення вимірювань показників і параметрів водотоку (скільки брати точок, в яких місцях потоку, в які моменти часу), що забезпечить зібрати необхідну й достатню кількість даних для розв'язання цієї зворотної задачі.

3. Обрати прилади для проведення експрес-моніторингу, наприклад можна використати мобільні інформаційно-вимірювальні системи (ІВС), безпілотні літальні та водні апарати, а також дані дистан-

ційного зондування Землі.

Це дозволить за реальними даними спостереження здійснити верифікацію створеної моделі, а також своєчасно приймати управлінські рішення для забезпечення екологічної безпеки у басейні річки.

### Експеримент

Для перевірки алгоритму проведено натурний експеримент. Було вибрано тестову ділянку – притока 1-го порядку р. Південний Буг у одному з районів міста Вінниці (рис. 1). У даному районі приватні домогосподарства не підключені до системи водовідведення міста й розташовані впритул до водотоку, що вказує на можливість його забруднення.

Було знайдено розв'язок зворотної задачі моделі Фролова-Родзиллера. Відповідно до цього розв'язку, було визначено схему проведення вимірювань показників і параметрів водотоку.

Проведено експрес-моніторинг показників якості й кількості води водотоку з метою верифікації розробленої моделі для пошуку джерел забруднення.

У місяцях спостережень показників якості води було оцінено параметри водотоку: витрати водотоку, швидкість течії, глибина та ширина водотоку, довжина ділянки водотоку по фарватеру та по прямій, наявність випуску стічних вод вздовж берегів, витрати стічних вод.

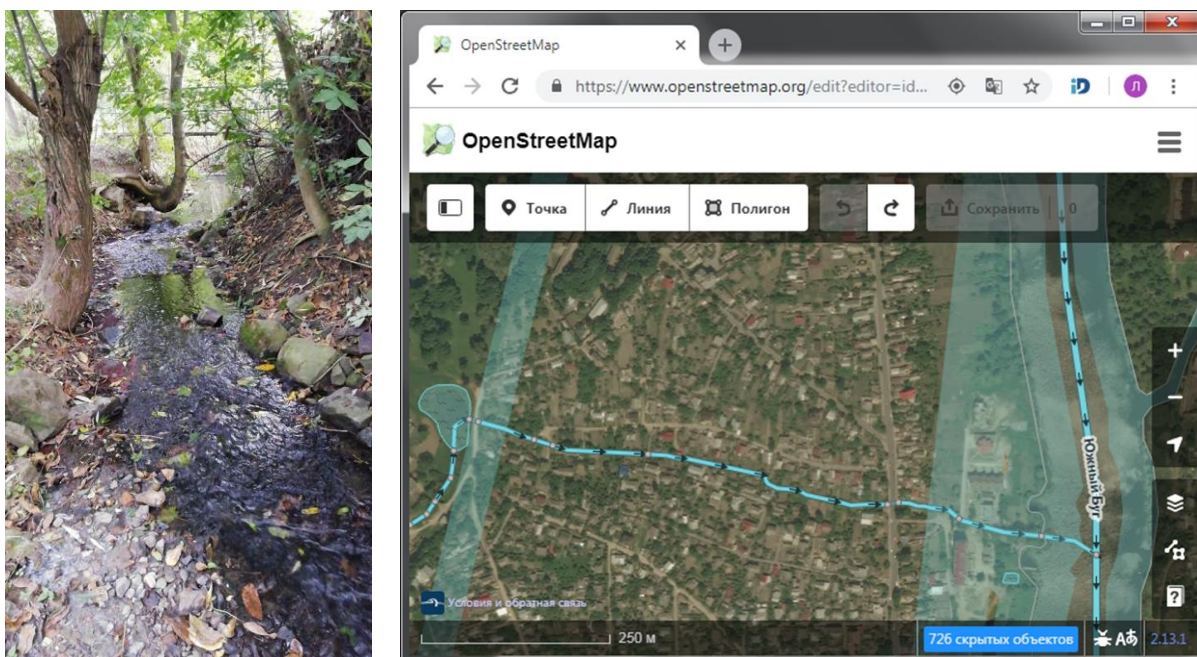


Рис. 1. Притока 1-го порядку р. Південний Буг, де проводився експеримент

Експрес-моніторинг краще проводити в межень, підлітний період, тобто при найгірших гідрологічних умовах, а також за умови повідомлення про залповий скид й при виявленні поступового явного погіршення стану водотоку.

На основі аналізу даних експрес-моніторингу якості вод та моделі розбавлення стічних вод з річковими, можна встановили місця джерел забруднення у разі якщо не відбулося повного перемішування забруднення з умовно чистими річковими водами, тобто до створу повного змішування. Інакше, якщо факт скидання є, а перевищення фонових концентрації не встановлено – потрібно зробити більше вимірювань показників якості вище по течії водотоку.

Вимірювання були проведені за допомогою універсальної мобільної аналітичної комп'ютерної системи оперативного експрес-моніторингу (УМАКСОЕМ) [1]. УМАКСОЕМ (рис. 2) побудовано на базі апаратної обчислювальної платформи Arduino, основною складовою якої є плата мікроконтролера Arduino Uno R3. Плата Arduino Uno R3 має наступні характеристики: мікроконтролер ATmega328; робоча напруга 5 В; 14 цифрових входи/виходи: (із них 6 можуть використовуватись у якості ШІМ виходів); 6 аналогових входи; 32 КБ flash-пам'яті; тактова частота 16 МГц.

Програмування мікроконтролера здійснюється за допомогою фірмового безкоштовного програмного забезпечення Arduino IDE.



Рис. 2. Універсальна мобільна аналітична комп'ютерна система оперативного експрес-моніторингу

Для вимірювання водневого показника води (рН) використано сенсор компанії DIY MORE. Основними технічними характеристиками сенсору є: робоча напруга:  $5 \pm 0,2$  В; робочий струм: 5-10 мА; діапазон вимірювання концентрацій рН: 0 – 14; діапазон робочих температур: 0 – 80°; час спрацювання:  $\leq 5$  с; вихід: вихідний сигнал аналогової напруги.

Аналоговий сигнал від сенсора надходить до плати Arduino, де декодується й обробляється за допомогою програмного коду. Водневий показник виводиться на LCD дисплей.

Температура води вимірюється за допомогою цифрового датчика температури DS18B20, інформація з якого також обробляється та відображається на дисплеї.

Для визначення місцезнаходження проведення вимірювання до плати Arduino приєднано GPS shield компанії ITEAD, який побудований на базі популярного чипу SiRF Star III. Особливістю даного «шилда» є наявність роз'єму для карти MicroSD, що дозволяє записувати не лише дані геопозиціонування, а й усю інформацію з сенсорів.

### Результати експериментів

Під час проведення експерименту (рис. 3) на притоці 1-го порядку р. Південний Буг було виявлено джерела забруднення водотоку. Місця скидання було приховано у землі, крізь яку періодично просочувались стоки. Факт скидання підтвердили вимірювання водневого показника ( $\text{pH}=3.54\text{-}3.7$ ), що суттєво відрізнялось від фонового значення у водотоці ( $\text{pH}=7.5$ ).

Було зібрано необхідні дані показників якості та кількості води та параметрів водотоку для дослідження процесу розбавлення стічних вод з річковими на основі моделі Фролова–Родзиллера й верифікації створеної моделі для виявлення джерел забруднення річки.



Рис. 3. Проведення експерименту



## Висновки

Запропоновано новий підхід та алгоритм аналізу даних експрес-моніторингу якості вод з метою пошуку джерел їх забруднення. Проведено його випробування на прикладі притоки 1-го порядку р. Південний Буг з використанням універсальної мобільної аналітичної комп'ютерної системи оперативного експрес-моніторингу. Виявлено джерела забруднення річки та досліджено процеси його розбавлення.

У подальшому для вимірювання кількості завислих частинок у воді планується використовувати сенсор компанії DFRobot. Він здатний виявляти завислі частинки в воді шляхом вимірювання коефіцієнта пропускання світла і швидкості розсіювання, яка змінюється в залежності від кількості завислих речовин.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Мокін В. Б. Універсальна інформаційно-вимірювальна система оперативного екологічного моніторингу з використанням мобільних пристроїв / В. Б. Мокін, Д. Ю. Дзюняк, Г. В. Горячев, К. О. Бондалетов // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – Вінниця. – 2015. – № 5 (122). – С. 116-122. – Режим доступу: <https://visnyk.vntu.edu.ua/index.php/visnyk/article/view/1836>.

**Мокін Віталій Борисович** – д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри системного аналізу, комп'ютерного моніторингу та інженерної графіки, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: vbmokin@gmail.com.

**Скорина Любов Миколаївна** – старший викладач кафедри системного аналізу, комп'ютерного моніторингу та інженерної графіки, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця.

**Дзюняк Дмитро Юрійович** – канд. техн. наук, інженер, ТОВ «П.А.Р.І.Т.Е.Т», м. Вінниця.

**Варчук Ілона Вячеславівна** – канд. техн. наук, доцент кафедри системного аналізу, комп'ютерного моніторингу та інженерної графіки, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця.

**Бурдейна Олена Володимирівна** – старший викладач кафедри системного аналізу, комп'ютерного моніторингу та інженерної графіки, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця.

**Довгополюк Сергій Олександрович** – аспірант кафедри системного аналізу, комп'ютерного моніторингу та інженерної графіки, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця.

**Давидюк Оксана Миколаївна** – аспірант кафедри системного аналізу, комп'ютерного моніторингу та інженерної графіки, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця.

**Богачук Андрій Русланович** – студент групи 2ІСТ-17б, факультет комп'ютерних систем і автоматики, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця.

**Бурденюк Артем Васильович** – студент групи 2ІСТ-17б, факультет комп'ютерних систем і автоматики, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця.

**Mokin Vitalii B.** – Dr. Sc. (Eng.), Professor, Head of the Department of System Analysis, Computer Monitoring and Engineering Graphics, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: vbmokin@gmail.com.

**Skoryna Liubov M.** – Senior Lecturer at the Department of System Analysis, Computer Monitoring and Engineering Graphics, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.

**Dziuniak Dmytro Yu.** – Cand. Sc. (Eng.), Engineer, LTD «P.A.R.Y.T.E.T», Vinnytsia.

**Varchuk Ilona V.** – Cand. Sc. (Eng), Associate Professor at the Department of System Analysis, Computer Monitoring and Engineering Graphics, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.

**Burdeina Olena V.** – Senior Lecturer at the Department of System Analysis, Computer Monitoring and Engineering Graphics, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.

**Dovhopoliuk Serhii O.** – Post-Graduate Student at the Department of System Analysis, Computer Monitoring and Engineering Graphics, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.

**Davidyuk Oksana M.** – Post-Graduate Student at the Department of System Analysis, Computer Monitoring and Engineering Graphics, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.

**Bohachuk Andrii R.** – the student of group 2IST-17b, faculty of computer systems and automatics, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.

**Burdeniuk Artem V.** – the student of group 2IST-17b, faculty of computer systems and automatics, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.