

## ВДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ У ХОДІ ВПРОВАДЖЕННЯ РАМКОВОЇ ВОДНОЇ ДИРЕКТИВИ ЄВРОПЕЙСЬКОГО СОЮЗУ

Вінницький національний технічний університет

***Анотація** В роботі запропоновано підходи до вдосконалення системи екологічного моніторингу у ході впровадження рамкової водної директиви Європейського Союзу. Актуальність теми зумовлена необхідністю оперативного контролю інтегральних параметрів, що характеризують стан екосистем природних водних об'єктів. Метою роботи є вдосконалення методів та засобів мультиспектрального вимірювального моніторингу для підвищення точності контролю інтегральних параметрів забруднення стічних вод, що необхідно для забезпечення їх ефективного очищення з використанням вищих водних рослин. Вдосконалено комплекс для очищення стічних вод, який доповнено системою мультиспектрального вимірювального контролю інтегральних параметрів забруднення. Результати даної роботи можна у спеціалізованих лабораторіях екологічних інспекцій для експрес-контролю параметрів стічних вод..*

**Ключові слова:** екологічний моніторинг, мультиспектральні вимірювання, вода, макрофіти, біоіндикація.

***Abstract** The thesis proposes approaches to improving the system of ecological monitoring during the implementation of the European Union Water Framework Directive. The relevance of the topic is due to the need for operational control of integral parameters characterizing the state of ecosystems of natural water bodies. The aim of the work is to improve the methods and tools of multispectral measurement control to improve the accuracy of monitoring the integral parameters of wastewater pollution, which is necessary to ensure their effective purification using higher aquatic plants. The complex for wastewater treatment has been improved, which is supplemented with a multispectral monitoring system for integrated pollution parameters. The results of this work can be done in specialized laboratories of environmental inspections for the express control of wastewater parameters.*

**Keywords:** ecological monitoring, multispectral measurements, water, macrophytes, bioindication.

Актуальність теми зумовлена необхідністю оперативного контролю інтегральних параметрів, що характеризують стан екосистем природних водних об'єктів. Інтегральний контроль забруднення можливо здійснювати за допомогою біоіндикації по різноманітним водним організмам. Використання макрофітів, як індикаторів екологічного стану водойм видається надзвичайно привабливим, адже вони – видимий і зручний для спостережень об'єкт. У Директиві 2000/60/ЄС макрофіти розглядаються як важливий «елемент якості для класифікації екологічного статусу» природних та «екологічного потенціалу» сильно змінених та штучних водних об'єктів. В роботі запропоновано підходи до вдосконалення системи екологічного моніторингу річки Південний Буг у ході впровадження рамкової Водної Директиви Європейського Союзу. Метою роботи є вдосконалення методів та засобів мультиспектрального вимірювального моніторингу для підвищення точності дослідження інтегральних параметрів забруднення стічних вод, що необхідно для забезпечення їх ефективного очищення з використанням вищих водних рослин.

Водна Директива Європейського Союзу пропонує наступні елементи якості для екологічного моніторингу стану річок, зокрема, біологічні, гідроморфологічні і загальні фізико-хімічні якісні компоненти, а також вміст специфічних забруднювальних речовин. При цьому водні об'єкти розглядаються, як середовище життя гідробіонтів, тому біологічні елементи є обов'язковими для оцінювання стану водних об'єктів.

Серед різних біологічних елементів якості для річок у даній бакалаврській дипломній роботі вдосконалюється екологічний контроль інтегральних параметрів водних середовищ за допомогою біоіндикації по макрофітам.

Вдосконалено метод мультиспектрального телевізійного вимірювального контролю інтегральних параметрів забруднення з використанням вищих водних рослин, зокрема, ряски малої.

Вдосконалено відповідний засіб мультиспектрального телевізійного вимірювального контролю забруднення водних об'єктів.

Методика опрацювання експериментальних результатів мультиспектрального телевізійного вимірювального контролю інтегральних параметрів забруднення така. Рослини ряски малої (*Lemma minor* L.) поміщають в модельне водне середовище у кварцовій кюветі 2, яка розміщена у інтегрувальній сфері 4 на підложці 6 з дифузно відбиваючим покриттям. Світлодіодні джерела випромінювання забезпечують рівень освітленості достатній для нормальної життєдіяльності рослин. Об'єкт дослідження освітлюється дифузно розсіяним світлом відбитим від стінок інтегрувальної сфери. Давач температури та нагрівальний елемент призначені для підтримки оптимальної температури у модельному водному середовищі. Модельні водні середовища з листцями ряски малої витримують протягом 7–14 діб при заданій температурі і освітленні. На добу витримують режим освітлення 18 годин та затемнення 6 годин. Кожної доби визначаються відносні розміри зон водного середовища, які відповідають листцям ряски без морфологічних змін (А), з морфологічними змінами (В) і чистій поверхні води (С) за допомогою аналізу мультиспектральних зображень поверхні модельних водних середовищ на характеристичних довжинах хвиль хромофорів ряски.

Мультиспектральні зображення поверхні води вкритої рослинами ряски малої наведені на слайді 9. Дослідження були проведені при освітлені об'єкту контролю світлодіодними джерелами випромінювання з довжинами хвиль 465, 525, 590, 625, 820, 860 нанометрів. Ширина кожного із спектральних діапазонів була від 20 до 50 нанометрів. Зображення було отримано за допомогою ПЗЗ-камери MDC140B із розділовою здатністю 1360 на 1024 пікселів та спектральним діапазоном від 350 до 1000 нанометрів.

Далі складають таблицю залежності коефіцієнтів від концентрації забруднюючих речовин Сзабр і для вимірювань, які здійснювались кожної доби протягом 14 діб для досліджуваної і контрольної проби. Будують графік залежності коефіцієнтів від концентрації забруднюючих речовин.

Для підвищення ефективності очищення стічних вод з використанням вищих водних рослин, а також забезпечення достовірного контролю інтегральних параметрів забруднення води запропоновано комплекс для очищення стічних вод та мультиспектрального телевізійного вимірювального контролю інтегральних параметрів забруднення з використанням вищих водних рослин.

Комплекс містить корпусу біореактора 1, заповнений водою 2, шаром вищих водних рослин 3 та плаваючим термоізолюючим матеріалом 4. До корпусу біореактора під'єднано трубопроводи подачі води на очищення та відводу очищеної води 5, систему терморегулювання внутрішнього простору і води 6. У корпусі біореактора розміщено світлодіодні освітлювачі 7 підключені до блоку імпульсного керування освітлювачами 8. Також у корпусі біореактора розміщена ПЗЗ-камера 9, що з'єднана з входом блоку керування та обробки мультиспектральних зображень на базі персонального комп'ютера 10, який під'єднано через мікроконтролерний пристрій 11 до блоку імпульсного керування освітлювачами 9 та системи терморегулювання внутрішнього простору і води 6.

## Висновки

У результаті діяльності людини у водні об'єкти разом з промисловими, комунальними та сільськогосподарськими стоками надходить велика кількість різноманітних забруднюючих речовин: важкі метали, біогенні речовини, сполуки органічного походження (пестициди, поверхнево-активні речовини, нафтопродукти) тощо. Це призводить до надмірного антропогенного навантаження та порушення рівноваги екосистем водних об'єктів. Контроль забруднення водного об'єкту промисловими підприємствами вимагає періодичного вимірювання всіх параметрів, що призводить до суттєвих витрат як на самі лабораторні

дослідження, так і на транспортування проб з визначених місць відбору. Внаслідок того, що суб'єкти державного моніторингу водних об'єктів мають обмежені фінансові можливості, контроль екологічного стану природних водних об'єктів здійснюється досить рідко. У проміжках між вимірюваннями реальний стан забруднення водних об'єктів не контролюється, що призводить до зростання забруднення водних об'єктів та суттєвого погіршення їх екологічного стану. Запропоновані вдосконалені методи та засоби мультиспектрального телевізійного вимірювального контролю з використанням біоіндикації по вищим водним рослинам дозволяють з високою достовірністю контролювати інтегральні параметри забруднення та токсичність стічних вод. Вдосконалено комплекс для очищення стічних вод, який використовує біореактор заповнений вищими водними рослинами, що підвищило ефективність їх очищення. Запропонована технологія захисту навколишнього природного середовища може бути використана для очищення стічних вод житлово-комунальних та промислових підприємств.

***Кватернюк Сергій Михайлович*** – докторант, к.т.н., доцент кафедри екології та екологічної безпеки;

***Петрук Василь Григорович*** – д.т.н., професор, директор Інституту екологічної безпеки та моніторингу довкілля, e-mail: [petrukvg@gmail.com](mailto:petrukvg@gmail.com);

***Kvaternyuk Sergei Mikhailovich*** – doctoral student, Ph.D., Associate Professor of the Department of Ecology and ecological safety, Vinnytsia National Technical University, e-mail: [serg.kvaternuk@gmail.com](mailto:serg.kvaternuk@gmail.com);

***Petruk Vasyl Grygorovych*** – Dr. Sc., Professor, Director of the Institute of Environmental Security and Environmental Monitoring, Vinnytsia National Technical University, e-mail: [petrukvg@gmail.com](mailto:petrukvg@gmail.com).