

## ВІДГУК

офіційного опонента

Єльнікової Тетяни Олександрівни

**на дисертаційну роботу Реута Дмитра Тагіровича**

на тему «**Метод і пристрій для вимірювання концентрації мікропланктону**»,  
подану на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю

**05.11.13 - прилади та методи контролю і визначення складу речовин**

у спеціалізовану вчену раду Д 35.052.04

у Національному університеті «Львівська політехніка»

### **Актуальність теми дисертації.**

Актуальність роботи пов'язана з важливими екологічними питаннями, пов'язаними із забрудненням водного середовища, та впливу забруднюючих речовин на розвиток водних організмів, зокрема мікропланктону та обумовлена необхідністю розробки методу та приладу для автоматичного вимірювання концентрації мікропланктону у відкритих водоймах.

Проблема розвитку водних організмів, зокрема мікропланктону, залежить від наявності у воді тих чи інших забруднень. За концентраціями різних видів організмів мікропланктону та їх співвідношенням можна судити про ступінь та характер забруднення. Причому на значну кількість забруднень мікроорганізми реагують набагато чутливіше, ніж аналізатори фізико-хімічних параметрів води на станціях автоматичного моніторингу якості води. Недостатня оперативність визначення концентрації організмів мікропланктону в товщі води спричинена використанням методів ручного визначення форм, розмірів і концентрації окремих груп мікроорганізмів у воді, пов'язаних з необхідністю консервації, транспортування та підготовки проб для лабораторного дослідження.

Виходячи з вищенаведеного, вважаю тему дисертаційного дослідження Реута Д.Т., що присвячена питанням зменшення часу вимірювання концентрації мікропланктону у водах відкритих водойм шляхом створення методу автоматичного визначення концентрації мікропланктону у неперервному потоці води та пристрою що його реалізує, актуальною.

### **Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.**

Робота виконана відповідно до тематичних планів і науково-дослідних робіт Національного університету водного господарства та природокористування (місто Рівне), згідно постанов Міністерства науки і освіти України відповідно до Закону України №433-IV «Про пріоритетні напрями інноваційної діяльності в Україні»,

зокрема за напрямом «Приладобудування як основа високотехнологічного оновлення всіх галузей виробництва», а також науково-дослідних робіт: “Розробка та дослідження методів і систем контролю фізико-механічних параметрів рідин та газів” (державна реєстрація теми №0112U002523, 2012 р.); та “Розробка та дослідження елементів і систем автоматизації та їх моделювання” (державна реєстрація теми №0110U000823, 2012 р.), де автор був виконавцем.

**Обґрунтованість і достовірність наукових результатів, висновків і рекомендацій.**

Сформульовані в роботі наукові положення, висновки і рекомендації в достатній мірі підтверджуються використанням сучасних методів досліджень з використанням методів штучного інтелекту, обробкою вимірювальної інформації за допомогою цифрових ЕОМ, експериментальними дослідженнями з отриманням відеокадрів потоку води з мікропланктоном у пробах води з поверхневих водойм, статистичною обробкою їх результатів.

**Основні положення, що визначають наукову новизну дисертаційної роботи полягають у наступному:**

Основний результат дисертаційної роботи полягає у вирішенні науково-технічної задачі, яка спрямована на зменшення часу вимірювання концентрації мікропланктону у водах відкритих водойм шляхом створення методу автоматичного визначення концентрації мікропланктону у неперервному потоці води та пристрою що його реалізує. Тому одержані здобувачем і винесені на захист основні положення мають всі ознаки наукової новизни, найбільш вагомими з яких є:

1. Вперше створено новий метод неперервної ідентифікації та вимірювання концентрації мікроорганізмів, що передбачає аналіз відеопотоку з мікроскопа з врахуванням змін вмісту поля зору мікроскопа з часом.

2. Вперше досліджено власних рух мікропланктону в потоці та запропоновано автоматично регулювати швидкість води, що рухається в полі зору мікроскопа, залежно від чіткості отримуваних кадрів.

3. Вперше запропоновано метод класифікації організмів мікропланктону, що використовує нечітку логіку, що дозволяє описати параметри мікроорганізмів з розмитими межами.

4. Удосконалено метод порогової фільтрації для використання при неперервному відстеженні мікроорганізмів у відеопотоці.

**Значення отриманих результатів для теорії і практики:**

Таке дослідження суттєво покращує якість моніторингових робіт водного середовища та дозволяє швидше та якісніше передбачити та попередити

екологічне забруднення відкритих водойм.

Теоретичні та практичні здобутки роботи впроваджено на об'єкті «Каналізаційні очисні споруди Хатирчинського району Навоїської області Республіки Узбекистан продуктивністю 4000 м<sup>3</sup> на добу на базі фітотехнології глибокого біологічного очищення води компанії Chandwin Project Pte.» та у навчальний процес кафедри автоматизації, електротехнічних і комп'ютерно-інтегрованих технологій Національного університету водного господарства та природокористування при викладанні дисципліни «Інтелектуальні системи управління» при підготовці магістрів за спеціальністю 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

Розроблені методи можуть використовуватись також для вимірювання дисперсності емульсій, концентрації окремих клітин у біологічних рідинах.

**Повнота викладення наукових положень та отриманих результатів в опублікованих працях.**

Матеріали дисертаційної роботи опубліковано у 20 наукових працях, із них 6 – у фахових виданнях, що входять до переліку ВАК України, 1 – у закордонному виданні, 13 – у матеріалах науково-технічних конференцій, отримано 1 патент України на винахід та 1 – на корисну модель.

**Структура та обсяг дисертації.** Робота складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел (74 бібліографічні посилання, 10 сторінок) і 6 додатків. Загальний обсяг дисертації становить 181 сторінку, зокрема 116 сторінок основного тексту, 44 рисунків, 14 таблиць. Додатки складають 38 сторінок.

Автореферат практично повністю відповідає змісту дисертаційної роботи. Всі основні положення та висновки, що містяться в дисертації відображені в авторефераті. Дисертація і автореферат оформлені відповідно до вимог Міністерства освіти і науки України.

**У вступі** обґрунтовано актуальність теми дослідження, сформульовано мету та задачі дослідження, наукову новизну, наведено дані про практичне значення одержаних результатів, зв'язок роботи з науковими програмами на науководослідними роботами, про публікації і апробацію результатів досліджень, визначено особистий внесок здобувача у опублікованих працях.

**У першому розділі** здійснено аналіз та класифікацію існуючих методів і засобів вимірювання концентрації організмів мікропланктону у воді та виявлено, що вони мають недостатню швидкодію вимірювань і обмежені функціональні можливості, значну затримку між моментом зміни концентрації мікроорганізмів та моментом отримання результату вимірювань. Автором запропоновано

вимірювання концентрації організмів мікропланктону у водоймах виконувати шляхом пропускання досліджуваної води через проточну комірку з сфокусованим на її вміст мікроскопом, алгоритмічної обробки відеопотоку та отримання в результаті величин концентрації організмів мікропланктону за кожною групою. Визначено, що для вимірювань можна використовувати серійні апаратні засоби формування відеозображень (цифровий мікроскоп). У поєднанні з енергоефективним процесором для обробки відеокадрів це дозволяє проводити вимірювання в місці відбору проби й значно зменшити час отримання результату вимірювання в порівнянні з відомими методами і пристроями.

У **другому розділі** представлено способи опису організмів мікропланктону (розмірів, форми, кольору) та розроблено метод вимірювання концентрації організмів мікропланктону. Визначення біологічних показників якості води передбачає обчислення певного інтегрального показника якості на основі концентрацій індикаторних організмів.

Продемонстровано алгоритм вимірювання концентрацій різних груп організмів мікропланктону. Автором продемонстровано результати пошуку організмів мікропланктону в полі зору мікроскопа в проточній комірці.

Проаналізовано декілька підходів до ідентифікації об'єктів по їх відеозображенням. В роботі запропоновано метод класифікації організмів мікропланктону, що використовує нечітку логіку. Використання нечіткої логіки дозволяє описати параметри організмів з розмитими межами та одночасно обчислити ступінь приналежності об'єкта в полі зору мікроскопа до кожної класифікаційної групи.

Проведено дослідження методу класифікації мікроорганізмів мікропланктону за допомогою штучної нейронної мережі. Шляхом комп'ютерного моделювання встановлено, що оптимальними за структурою для задачі класифікації організмів мікропланктону за їх ознаками будуть однонаправлені штучні нейронні мережі прямого розповсюдження без елементів затримок та зворотних зв'язків. Кількість шарів, кількість нейронів у шарах та їх функції активації визначались експериментально, шляхом дослідження моделей. При цьому було створено 72 моделі нейронних мереж з різними функціями активації та кількістю нейронів у 11 прихованих шарах.

При навчанні нейронних мереж використовувались ті ж самі дані, що й при створенні бази нечітких логічних правил. Далі було здійснено порівняльний аналіз ефективності функціонування моделей штучних нейронних мереж із використанням тестової вибірки даних, яка не використовувалась при навчанні. Критерієм ефективності була середньоквадратична похибка.

