

## ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу Корнієнка Івана Володимировича «Фізико-хімічні процеси плазмохімічної деструкції органічних компонентів вод», представлену на здобуття наукового ступеня кандидат хімічних наук за спеціальністю 21.06.01 – екологічна безпека

**Актуальність теми дисертації.** Скид забруднених стічних вод у природі водойми призводить до значного погіршення якості природних вод. Значна частина стічних вод скидається у водойми без очищення. Часто ефективність очищення стічних вод недостатня, що призводить до підвищення рівня забрудненості природних водойм. В значній мірі погіршення якості природних вод відбувається за рахунок скидання вод забруднених органічними речовинами. Не завжди доцільно, чи є можливість використовувати біохімічні методи очищення вод. Сорбційні методи доцільно використовувати для доочищення води і нерентабельно використовувати при очищенні брудних стічних вод. Це ж стосується і мембранних технологій. Деструктивні методи часто передбачають використання дорогих реагентів – озону, перекису водню, біхроматів або перманганатів, діоксиду хлору та інших. Кращими серед деструктивних методів можуть бути методи основані на використанні плазми. Даний метод є більш перспективним в порівнянні з ультрафіолетовим випромінюванням, обробкою жорстким радіаційним випроміненням ( $\beta$ - і  $\gamma$ -), фотокаталізатором і рядом термічних методів. Тому вивчення особливостей застосування плазми для очищення води, адаптації методу до реальних умов, зниження енергоємності процесу є важливою та актуальною проблемою.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дисертаційна робота виконувалась у відділі хімії, фізики та біології води Інституту колоїдної хімії та хімії води ім. А.В. Думанського НАН України відповідно до науково-дослідницьких тем НАН України: «Створення концепції управління біологічною активністю та фізико-хімічних властивостей води, у тому числі її ізотопним складом, при очищенні природних вод з урахуванням сучасних вимог до якості питної води» (2012–2016 рр., № державної реєстрації 0112U000038); «Фундаментальні основи ефективного використання комплексу хімічних, фізичних і біологічних методів дослідження водних систем» (2017–2021 рр., № державної реєстрації 0118U100375).

**Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків та рекомендацій.** Наукові положення та висновки за результатами досліджень дисертаційної роботи коректно обґрунтовані та опираються на основні закони фізики, неорганічної, органічної та фізичної хімії, а також не суперечать основним положенням, загальної хімічної технології та технології очищення води.

**Достовірність результатів дисертаційної роботи.** Достовірність отриманих експериментальних даних забезпечувалась використанням сучасних фізико-хімічних методів аналізу, методами математичної обробки отриманих показників. У роботі використовувалися методи фотометрії,

термометрії, ультрафіолетової та інфрачервоної спектрометрії, математичного аналізу, лазерної дифракції, рентгеноструктурний аналіз, метод безпосереднього вимірювання фізичних параметрів – напруги, струму, теплоти, роботи, методи математичного аналізу.

**Наукова новизна роботи.** В роботі проведено систематичне дослідження процесів деструкції органічних забруднень у водному середовищі з використанням низьковольтної плазми. При цьому було уперше:

проведено систематичне дослідження плазми в водному середовищі, збудженої низькою змінною напругою 24 В частотою 50 Гц, встановлено основні фізико-хімічні, технологічні властивості існування плазми у водному середовищі та вплив середовища на процес існування плазми;

встановлено вплив енергетичних витрат і енергетичного балансу системи на деструкцію органічних компонентів. Встановлено можливі шляхи зниження енергоспоживання системи. Підтверджено збіжність основних плазмохімічних процесів і механізмів в уже досліджених зразках і методиках та в новому методі плазмохімічної обробки;

визначено умови й експериментально підтверджено можливість отримання високодисперсних матеріалів із продуктів розкладу органічних компонентів стічних вод, подібних за структурою до оксиду графіту, нанотрубок і графену.

**Практичне значення отриманих результатів.** Експериментальні результати, отримані в роботі, можуть бути застосовані при розробці та вдосконаленні систем і методик очищення стічних органівмістних вод з отриманням екологічно безпечних цінних і корисних вторинних компонентів. Ці підходи можуть бути покладені в основу подальшого теоретичного та експериментального вивчення плазми, збудженої низькою напругою, у водному середовищі.

**Коротка характеристика роботи.** У вступі обґрунтовано актуальність теми, сформувано мету, задачі дослідження, зазначено наукову новизну та практичне значення отриманих результатів.

*У першому розділі* проаналізовано існуючі методи очищення стічних вод, визначено місце плазмохімічного методу очищення стічних вод від органічних речовин. Проведено аналітичний огляд робіт, щодо відомих підходів застосування плазмохімічних методів щодо очищення води.

*У другому розділі* наведено методики експериментів по дослідженню процесів плазмохімічного очищення води, методи аналізу для контролю процесів очищення води, методи обробки отриманих експериментальних даних.

*Третій розділ* дисертації присвячено вивченню фізико-хімічних властивостей та закономірностей існування плазми у водному середовищі. Було досліджено процеси утворення та стабілізації нерівноважної низькотемпературної плазми згенерованої змінним струмом з низьким потенціалом у водному середовищі.

Вивчено закономірності та особливості існування плазмового факелу, умови підвищення продуктивності та стабільності плазмового реактора. Розроблено модель енергетичного балансу системи.

**Четвертий розділ** дисертації присвячено вивченню процесів деструкції органічних забруднень стічних вод. Проведено дослідження по деструкції органічних компонентів, встановленню механізмів реалізації руйнування органічних речовин у воді, вивчено склад органічних водонерозчинних відходів, що утворюються в результаті очищення води.

У процесі дослідження було перевірено можливість деструкції ПАР, барвників та гумінових речовин. Показано, що під час плазмохімічної обробки всі досліджувані органічні компоненти стічних вод досить ефективно знешкоджуються. Було встановлено, що основна маса деструкції відбувається в період від 5 до 10 хв. обробки розчину. Глибина очистки при інтервалі часу 20–30 хв. обробки розчину сягає 85–90 %.

Порівняння досліджуваного методу з відомим методом коронного розряду продемонструвало, що витрати енергії на деструкцію 1 моля компонента за рівних концентрацій приблизно рівні. Недоліком коронного розряду є необхідність застосування високих напруг – на рівні  $> 10^4$  В.

Встановлено, що під час плазмохімічної обробки стічних вод, забруднених органічними компонентами, в розчині утворюється нова вуглецева фаза, яка містить каркас двовимірних шарів із  $sp^2$ -гібридизованих атомів вуглецю. Данні матеріали є перспективними при використанні в рецептурах композиційного водовугільного палива.

**У висновках** містяться основні наукові, а практичні результати з вирішення наукової проблеми очищення води від органічних речовин плазмохімічним методом.

**Список літератури** складається із 146 джерел.

**Повнота висвітлення основних результатів дисертації в опублікованих працях.** Результати основних наукових досягнень, отриманих дисертантом під час виконання роботи, опубліковано в 7 наукових працях, в тому числі у 5 статтях у фахових наукових виданнях, які входять до міжнародних наукометричних баз даних.

**Ідентичність змісту автореферату дисертації.** Зміст автореферату ідентичний змісту дисертації «Фізико-хімічні процеси плазмохімічної деструкції органічних компонентів вод».

**Зауваження до дисертаційної роботи:**

1. В розділі 2 детально описано не лише методіку використання, але і суть та теорію методу ультрафіолетової спектроскопії. В той же час суть підрозділу 2.2.1 «Вивчення ефективності плазмохімічного очищення» – практично не розкрито.

2. В розділі 3 (с. 87) де розглянуто вплив рН середовища на плазму написано: «З табл. 8 видно, що найкращі результати демонструють лужні розчини: плазмовий факел у таких розчинах найстабільніший». Але з табл. 8 нічого цього не видно. Там є лише залежність зміни рН із часом обробки води плазмою.

3. На рисунку 27 показано зміну температури «чистого» та «брудного» розчинів з часом їх обробки. Але не приведено ані параметрів плазмоутворення, ні складу «брудного розчину», як і не вказано, що автор називає чистим розчином.

4. Підрозділ 4.2.1 починається з методики експерименту. Але чому дану методику не привели в розділі 2, де їй і належить бути?

5. У розділі 4 (рис. 39, 40, 41, 43, 45, 46) приведено спектри поглинання органічних речовин в УФ і видимих областях для демонстрації ефективності їх розкладання плазмовим методом. Але важливіше привести оброблені данні де наведено точні результати по ступенях очищення води.

6. У дисертації нумерація рисунків, таблиць, хімічних рівнянь, математичних формул не прив'язані до розділів дисертації.

Не дивлячись на приведені зауваження дисертація має наукове і практичне значення і заслуговує на позитивний висновок.

### Висновок

Дисертаційна робота Корнієнка І.В. є завершеною науковою працею, у якій вирішена важлива екологічна проблема – визначення параметрів плазмохімічного очищення води від органічних забруднювачів при високій ефективності очищення при допустимих енергозатратах. Дана робота відповідає паспорту спеціальності 21.06.01 – екологічна безпека (хімічні науки).

Узагальнюючи вищесказане, можна стверджувати, що за актуальністю теми, науковою новизною та практичною цінністю дисертаційна робота Корнієнка І.В. «Фізико-хімічні процеси плазмохімічної деструкції органічних компонентів вод» відповідає вимогам ДАК МОН України, а також п. 9, 11, 12 «Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України № 567 від 24.07.2013 р., а її автор Корнієнко Іван Володимирович заслуговує присудження наукового ступеня кандидата хімічних наук за спеціальністю 21.06.01 – екологічна безпека.

Офіційний опонент:

Завідувач кафедри екології та технології  
рослинних полімерів Національного  
технічного університету України  
«Київський політехнічний інститут  
імені Ігоря Сікорського»,  
доктор технічних наук, професор

  
Микола ГОМЕЛЯ

Підпис Миколи ГОМЕЛІ засвідчую:  
Вчений секретар  
КПІ ім. Ігоря Сікорського



  
Валерія ХОЛЯВКО