Комунальний заклад Львівської обласної ради

«Львівська обласна Мала академія наук учнівської молоді»

**"Гідрогелеві комплекси з колориметричними наночастинками:**

**Авторка:**Куницька Дар'я Володимирівна

учениця 8-В2 класу

ТОВ «ЦЕНТР ОСВІТИ «ОПТІМА»

**Наукова керівниця:**

Радзевич Тетяна Петрівна

учителька хімії

**інноваційний підхід до вимірювання pH в різних середовищах"**

**Вступ.** Моніторинг рівня pH використовується у багатьох сферах:

– у медицині контроль рівня pH крові, шкіри, слини, поту допомагає діагностувати та моніторити захворювання, ефективність лікування та реабілітації;

– у процесах виробництва дозволяє контролювати якість та ефективність реакцій, попереджати корозію обладнання;

– у сільському господарстві аналіз pH ґрунтів допомагає визначати їхню родючість, ефективно використовувати добрива та регулювати водний баланс;

– вимірювання pH у продуктах харчування допомагає контролювати їхню безпечність та якість, моніторити процеси ферментації та консервації;

– визначення pH водних систем допомагає оцінити екологічний стан водойм, оцінити рівень забруднення середовища.

Для визначення pH використовують індикаторні папірці або pH-метр. Недоліком індикаторного паперу є одноразовість. pH-метр має високу вартість, використовують для отримання даних високої точності, але для моніторингу процесу потрібно здійснювати декілька вимірів.

У цій науковій роботі було успішно розроблено та протестовано гідрогелевий pH-датчик з наночастинками для вимірювання рівня pH. Результати експериментів підтвердили, що розроблений датчик має високу ефективність у вимірюванні pH в широкому діапазоні значень та в різних типах речовин.

Полімерний гідрогелевий датчик із наночастинками має переваги над традиційними методами, а саме: можливість багаторазового використання, відносно низька собівартість, здатність до біодегеренації [1]. Крім того, датчик відрізняється високою стабільністю та міцністю, що робить його надійним інструментом для моніторингу рівня pH у реальних умовах.

З огляду на вищевикладене, можна стверджувати, що тема дослідження є актуальною.

**Мета дослідження*.*** Створення гідрогелевого датчику для вимірювання та моніторингу змін pH.

**Об’єкт дослідження.** Гідрогелеві датчики-патчі виготовлені з наноматеріалу для аналізу pH.

**Предмет дослідження.** Тестування універсальності гідрогелевого комплексу, перевірка фізичної стабільності. Аналіз ефективності роботи створеного гідрогелевого комплексу.

**У процесі досягнення мети були поставлені та виконані певні завдання:**

1. Створення гідрогелевого комплексу:

– виготовлення наночастинок шляхом полімеризації аніліну;

– пошук оптимального відношення кількості розчину наночастинок до гідрогелю натрію альгінату.

2. Аналіз властивостей створеного pH датчику:

– встановлення відповідності між значенням pH та колориметричними змінами;

– вимірювання часу зміни кольору після впливу речовини на гідрогелевий датчик.

**Експериментальна частина.**

Для виготовлення гідрогелевого комплексу використали метод описаний в [2, 3], з кількома змінами: замість агарози використали більш доступний натрію альгінат, використовували 29 % розчин хлоридної кислоти, змінили концентрацію води у вихідному розчині.

*Синтез наночастинок.* Вихідну суміш, що містила 0,9 г пектину, 5,75 мл HCl (29%), 0,45 г аніліну, 23,75 мл дистильованої води, перемішали при 23 °C. До суміші за допомогою піпетки додали 12,5 мл розчину амонію персульфату (91,2 мг/мл). Використовуючи магнітну мішалку, суміш перемішували протягом 2,5 годин при 2400 обертів за хвилину та сталій температурі 23 °C. До суміші краплями 50% розчин етанолу. Наночастинки утворилися після додавання 43 мл розчину етанолу протягом 30 хв. Отриману суміш розділили методом фільтрування. Наночастинки (які залишилися на фільтрувальному папері) використали для подальшого процесу.

*Створення гідрогелю.* Натрію альгінат 5,5 г розчинили в 150 мл дистильованої води та підігріли до 40-45 °C у концентрації 3,5 %. До отриманого розчину додали 4 г розчинених у воді наночастинок (у відношенні 3:1 відповідно). Суміш вилили у скляну форму зі стороною 13 см, попередньо застелену термостійким поліетиленфталататом (ПЕТ) і висушили при 50-60 °C з конвекцією.

*Оптимізація.* Для того, щоб визначити оптимальну концентрацію наночатсинок, необхідно провести низку експериментів. Занадто велика кількість (≥ 4 г) наночастинок без води призвела до темного забарвлення гідрогелю, що не дало можливості побачити зміну кольору. Подібна проблема виникла і при низькій кількості (≤ 0,5 г) наночастинок. Оптимальна кількість наночастинок становить від 1 до 3 г.

**Аналіз властивостей створеного pH датчика.**

*Відповідність між значенням pH та кольором.* В таблиці 1 представлені значенння pH речовин, які нанесли на датчики-патчі за допомогою піпетки, та фото, що показує зміну кольору гідрогелевих комплексів після 15 хв. контакту з речовиною. Виявлено, що в діапазоні pH від 6 до 7 не помітні зміни кольору. Це, найімовірніше, пов’язано зі значенням власного pH гідрогелю.

При значенні pH від 2 до 5 колір датчика змінюється від жовтого до зеленого відповідно, при значенні pH від 6 до 7 колір залишається зеленим, від pH 9 до pH 11 колір змінюється від блакитного до синього.

Табл. 1

Результати вимірювання pH речовин з використанням індикаторного паперу та гідрогелевого комплексу

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| *pH речовини / назва речовини* | *індикаторний папір / датчик* | *pH речовини / назва речовини* | *індикаторний папір / датчик* |
| pH 2 / лимонний сік | C:\Users\Admin\Desktop\юнюн.png | pH 6 / молоко | C:\Users\Admin\Desktop\юнюн.png |
| pH 3/ винний оцет | C:\Users\Admin\Desktop\юнюн.png | pH 7 / вода | C:\Users\Admin\Desktop\юнюн.png |
| pH 4 / томатний сік | C:\Users\Admin\Desktop\юнюн.png | pH 9 / 1% розчин натрію гідрокарбонату | C:\Users\Admin\Desktop\юнюн.png |
| pH 5 / кава | C:\Users\Admin\Desktop\юнюн.png | pH 11 / засіб для очищення робочих поверхонь «Антижир» | C:\Users\Admin\Desktop\юнюн.png |

*Часові параметри процесу вимірювання pH*

На зразки гідрогелевого комплексу наносили речовини з різним pH. Зміна кольору від нейтрального зеленого до жовтого чи синього в середньому відбувалася за 10 хвилин.

З метою підтвердження можливості багаторазового використання датчика на зразок, яким було виміряно pH лимонного соку, нанесли засіб для очищення робочих поверхонь «Антижир». Зміна кольору від жовтого до синього відбулася за 15-20 хв.

При нанесенні лимонного соку на датчик, яким вимірювали pH «Антижиру», часткова зміна кольору з синього до жовтого відбулася за 25-30 хв. Для прискорення реакції використані датчики промили у дистильованій воді, висушили та нанесли наступну речовину. При цьому швидкість вимірювання pH збільшилася до 20 хв.

**Висновок.** У цій науковій роботі було успішно розроблено та протестовано гідрогелевий pH-датчик з колориметричними наночастинками для вимірювання рівня pH у різних середовищах. Результати експериментів підтвердили, що розроблений датчик має високу ефективність у вимірюванні pH в широкому діапазоні значень та в різних типах речовин.

Отримані результати та методи можуть бути корисними для подальших досліджень у галузі розвитку колориметричних pH-датчиків для різних застосувань, включно з медициною, технікою та сільським господарством.

Плануємо надалі продовжувати дослідження методів покращення ефективності pH чутливих гідрогелевих комплексів. Націлені на розробку способів підвищення швидкості реакції датчика на рівень pH досліджуваного зразка, шляхом обробки індикаторів речовинами, що прискорюють окислювально-відновлювальні реакції.

**Використані джерела.**

1. Nguyen, M.K.; Lee, D.S. Injectable Biodegradable Hydrogels. *Macromol. Biosci.* 2010, *10*, 563–579.

<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/mabi.200900402>.

# 2. Yeonjin Kim, Taeha Lee, Minsu Kim, Soojin Park, Jiashu Hu, Kyungwon Lee, Yoochan Hong, Insu Park, Gyudo Lee. Fast Responsive, Reversible Colorimetric Nanoparticle-Hydrogel Complexes for pH Monitoring. Nanomaterials 2022, 12(22), 4081. <https://doi.org/10.3390/nano12224081>.

3. Taeha Lee, Changheon Kim, Jiyeon Kim, Jung Bae Seong, Youngjeon Lee, Seokbeom Roh, Da Yeon Cheong, Wonseok Lee, Jinsung Park, Yoochan Hong, Gyudo Lee. Colorimetric Nanoparticle-Embedded Hydrogels for a Biosensing Platform. Nanomaterials 2022, 12(7), 1150. <https://doi.org/10.3390/nano12071150>.