ПРИРОДНИЧІ НАУКИ. ТЕХНОЛОГІЇ

УДК 543.06:547.9

Галина НЕСТЕРУК,
старший викладач кафедри
методики викладання і змісту освіти
Рівненського обласного інституту
післядипломної педагогічної освіти,
м. Рівне, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ ХІМІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ТА АНАЛІТИЧНИХ МОЖЛИВОСТЕЙ ПРИРОДНИХ ІНДИКАТОРІВ

Анотація. *У статті представлено теоретико-методологічний аналіз трансформаційних процесів у природничій освітній галузі в контексті реалізації Концепції «Нова українська школа». Обґрунтовано концептуальні засади впровадження діяльнісного та компетентнісного підходів у процесі викладання хімії. Запропоновано дидактичний потенціал навчально-дослідницької та проєктної діяльності як інтегративного чинника формування предметних і міжпредметних компетентностей здобувачів освіти. Проаналізовано закономірності розвитку екосистеми професійного самовдосконалення педагога, а також визначено пріоритетні напрями оптимізації освітнього процесу в умовах змішаного навчання та сучасних викликів.*

Ключові слова: *Нова українська школа, природнича освіта, викладання хімії, дослідницька діяльність, компетентнісний підхід, професійний саморозвиток учителя.*

Abstract. *The research paper provides a theoretical and methodological analysis of transformational processes within the natural sciences' educational domain in the context of implementing the «New Ukrainian School» concept. Conceptual foundations for applying activity-based and competency-based approaches to teaching chemistry discipline are substantiated. The study highlights the didactic potential of educational, research, and project-based activities as integrative factors in developing students' subject-specific and interdisciplinary competencies. Regularities in the evolution of the teacher's professional self-development ecosystem are analyzed, alongside identifying priority directions for*

© Нестерук Г., 2026

optimizing the educational process under blended learning conditions and current challenges.

Key words: *New Ukrainian School, natural sciences education, chemistry teaching, research activities, competency-based approach, teacher professional self-development.*

Постановка проблеми. Контроль кислотно-основного стану середовища (показника pH) є ключовим завданням як у лабораторних аналітичних дослідженнях, так і в промисловості, сільському господарстві, медицині та побуті. Традиційно для цього використовують синтетичні індикатори, наприклад, фенолфталеїн, метиловий оранжевий або лакмус. Проте більшість синтетичних реагентів є токсичними сполуками, а отже, потребують складного органічного синтезу та створюють проблеми з утилізацією відходів.

У контексті розвитку принципів «зеленої хімії» виникає необхідність пошуку безпечних, відновлюваних та біодеградованих альтернатив. Такою альтернативою є природні індикатори – екстракти рослинної сировини, багаті на природні пігменти (антоціани, куркуміноїди, флавоноїди тощо).

Запропоноване дослідження інтегрується в шкільний курс хімії на кількох рівнях:

– **9 клас.** Теми «Кислоти», «Основи», «Індикатори» (початкове вивчення зміни забарвлення речовин залежно від середовища).

– **9 клас**. Розділ «Електролітична дисоціація, поняття про показник pH, йонно-молекулярні реакції нейтралізації».

– **10 клас**. Розділ «Органічна хімія, вивчення кислотно-основних властивостей оксигеновмісних органічних сполук, природних пігментів та методів екстракції».

Аналіз наукових досліджень і публікацій. Проблема реформування природничо-математичної освіти в контексті впровадження Концепції «Нова українська школа» відіграє ключову роль у працях українських дослідників. Так, теоретико-методологічні засади реалізації компетентнісного та діяльнісного підходів у навчанні природничих дисциплін ґрунтовно окреслено в напрацюваннях О. Пометун, Н. Бібік, В. Заболотного, М. Головка та ін. Про важливість організації навчально-дослідницької та проєктної діяльності здобувачів освіти як ефективного інструмента подолання освітніх втрат і розвитку інтегративного мислення запропоновано низку матеріалів на офіційних платформах ГС «Освіторія» та МОН України.

Водночас питання трансформації професійної траєкторії вчителя хімії, застосування цифрових інструментів гейміфікації та формування екосистеми

неперервного саморозвитку педагога в умовах сучасних викликів залишаються відкритими й потребують ґрунтовного дидактичного обґрунтування.

Мета статті – проаналізувати способи виокремлення природних пігментів із різноманітної рослинної сировини, дослідити їхні хімічні властивості у широкому діапазоні pH, оцінити аналітичні можливості їхнього використання як екологічних індикаторів, запропонувати доступну методику їхнього застосування в школі на уроках хімії з метою заміни токсичних синтетичних реагентів безпечними природними аналогами.

Виклад основного матеріалу. Рослинні індикатори (або рослинні пігменти) містять забарвлені речовини, що здатні змінювати колір залежно від pH середовища. Забарвлення рослинних пігментів зумовлене вибірковим поглинанням світла у видимій частині сонячного спектра.

Розглянемо найпопулярніші рослинні індикатори та їхні кольори у різних середовищах:

– **Антофеїн** – пігмент темного кольору, що зустрічається досить рідко. Викликає забарвлення плям на віночку в деяких бобових.

– **Антохлор** – пігмент жовтого кольору, що зустрічається в клітинах шкірки пелюсток первоцвіту, льонку звичайного, жовтого маку, жоржини, а також у плодах лимонів та інших рослинах.

– **Антоціани** – складні, нестійкі сполуки, що надають рослинам забарвлення в діапазоні від рожевого, червоного, бузкового до синього та темно-фіолетового. Вони утворюються в процесах гідролізу крохмалю та за своїм походженням є безазотистими сполуками, що близькі до глікозидів – сполук цукру з невуглеводною частиною. Ці пігменти добре розчиняються у воді й містяться в клітинному соці. Діапазон кольорів змінюється завдяки наявності в рослині трьох основних форм антоціанів, що відрізняються кількістю гідроксильних груп. Варіації в пропорціях цих пігментів у рослинах надають різноманітного забарвлення пелюсткам (залежно від кислотності соку вакуолей). У кислому середовищі він зазвичай має червоні тони (наприклад, у герані, гортензії, фіалок), а в лужному ці рослини набувають синьо-блакитного забарвлення. Передусім забарвлення зумовлене наявністю пігменту антоціану, зокрема: червоне – в маків, троянд, герані; синє – у волошок, блакитне – у дзвіночків. Зокрема антоціанами пофарбовані плоди винограду, слив, червонокачанної капусти. Вважається, що антоціани захищають рослини від низьких температур та шкідливого впливу сонячного світла на цитоплазму. У клітинах зазвичай міститься декілька різних антоціанів, прояв яких пов’язаний з хімічним складом ґрунту та віком рослини. Потрапляючи в організм людини з фруктами та овочами, антоціани виявляють дію, схожу з дією вітаміну *P*.

– **Каротиноїди** – пігменти, що містяться в рослинах, стійких до знижених температур. Коли в холодну пору року хлорофіл руйнується, листя набуває помітного жовтого або помаранчевого забарвлення завдяки пролонгованій дії каротиноїдів, що захищають рослини від згубної дії сонячного світла. Помаранчево-червоного кольору рослинам надає пігмент каротин, жовтого – ксантофіл. Ці пігменти мають білково-ліпоїдну основу. Вони наявні в плодах томатів, апельсинів, мандаринів, моркві. Ключова роль цих пігментів – надати рослинам яскравого забарвлення для приваблювання птахів і тварин із метою розповсюдження насіння.

– **Фітохром** – блакитний рослинний пігмент білкової будови, що контролює процеси цвітіння та проростання насіння. В одних рослинах він прискорює цвітіння, а в інших, навпаки, – затримує. Відомо, що будова пігменту змінюється залежно від світлого та темного періоду доби, сигналізуючи про це рослині. Ця речовина регулює синтез нуклеїнових кислот (ДНК, РНК), утворення хлорофілу, каротиноїдів, антоціанів, органічних фосфатів та вітамінів. Фітохром пов’язаний з клітинними мембранами та наявний майже в усіх органах рослини.

Основною групою сполук, що відповідають за індикаторні властивості більшості червоних, фіолетових та синіх плодів і квіток, є ***антоціани*** – водорозчинні пігменти з групи флавоноїдів. Хімічна структура антоціанів базується на катіоні флавілію (2-фенілхроменію). Індикаторна дія антоціанів пояснюється їхньою здатністю до структурних перетворень при зміні концентрації йонів Гідрогену H^+, а гідроксид-йонів (OH^-) – у розчині:

1. У кислому середовищі (pH < 3): антоціан перебуває у формі червоного катіону флавілію (AH+).

2. У нейтральному та слабокислому середовищі (pH 4–6): відбувається гідратація з утворенням безбарвної псевдооснови (гемиацеталі) або пурпурової хіноїдної основи (A).

3. У слаболужному середовищі pH 7–8): утворюється синій аніон хіноїдної основи (A-).

4. У сильнолужному середовищі (pH> 10): відбувається розкриття піранового кільця з утворенням жовтих або зелених халконів.

Аналіз об’єктів та методів екстракції. Для експерименту можна обрати чотири види доступної рослинної сировини, як-от:

1) червонокачанна капуста (Brassica oleracea var. capitata f. rubra);

2) плоди чорниці (Vaccinium myrtillus);

3) пелюстки каркаде (Hibiscus sabdariffa);

4) корінь куркуми (Curcuma longa).

Подрібнену сировину (20 г) варто залити 50 мл водно-спиртового розчину (об’ємна частка етанолу 50%) для забезпечення повної екстракції як водорозчинних, так і слабополярних сполук. Суміш витримат на водяній бані при температурі 50-60 градусів протягом 25 хвилин, а потім відфільтрувати за допомогою паперового фільтра.

Дослідження інтервалів переходу забарвлення. Для встановлення аналітичних можливостей отриманих екстрактів було підготовлено серію буферних розчинів зі значеннями pH від 1 до 13 (із кроком у 1–2 одиниці pH). До 5 мл кожного буферного розчину додавали по 0,5 мл виділеного екстракту.

Під час експерименту було встановлено, що всі досліджені екстракти демонструють чітку залежність забарвлення від кислотності середовища *(див. табл. 1).*

Таблиця 1

Спектр зміни кольорів екстрактів у різних середовищах

Джерело пігменту	**Сильнокисле (pH 1–3)**	**Слабокисле / нейтральне (pH 4–7)**	**Слаболужне (pH 8–10)**	**Сильнолужне (pH 11–13)**
Червоно-качанна капуста	яскраво-червоний	фіолетовий / синій	смарагдово-зелений	насичено-жовтий
Каркаде	червоний	рожево-пурпуровий	брудно-фіолетовий	зелено-коричневий
Чорниця	темно-червоний	фіолетовий	синьо-зелений	жовто-зелений
Куркума	світло-жовтий	яскраво-жовтий	жовтогарячий	червоно-коричневий

Зважаючи на представлені в *таблиці 1* дані, можемо зробити висновок, що зміна величини pH залежить від концентрації гідроксид- та гідроген-іонів у розчині, а це зі свого боку свідчить про динаміку кислотно-основної рівноваги у процесі проведення експерименту.

Аналітична цінність та порівняння:

1. Екстракт червонокачанної капусти показав найширший діапазон індикаторних переходів (від pH 1 до 13). Він може слугувати повноцінним універсальним індикатором, оскільки має 4 чітко розрізнювані колірні фази.

2. Екстракт каркаде має виражений і контрастний перехід у кислому та слаболужному середовищі (pH 2–8), що робить його зручним для титрування сильних кислот слабкими основами.

3. Екстракт куркуми містить куркумін, який змінює колір лише в лужному середовищі (pH > 8,5) із жовтого на червоно-коричневий, аналогічно дії фенолфталеїну.

За допомогою виготовлених індикаторних папірців (фільтрувальний папір, просочений екстрактом капусти та висушений) було проведено експрес-аналіз побутових розчинів. Результати експрес-аналізу показують, як саме змінюється забарвлення екстракту червоної капусти *(див. табл. 2)*.

Таблиця 2

Побутовий розчин	**Значення pH**	**Характер середовища**	**Колір індикатора**
Лимонний сік	2.5	сильнокисле	червоний
Столовий оцет	3.0	слабкокисле	червоно-рожевий
Водопровідна вода	7.0	нейтральне	синьо-фіолетовий
Розчин харчової соди	8.5	слабколужне	зелений
Засіб для миття скла	11.0	сильнолужне	жовтий

Проведене дослідження довело високу аналітичну ефективність екстрактів дослідженої рослинної сировини як екологічно безпечних природних pH-індикаторів. На основі серії експериментів було з’ясовано, що екстракту червонокачанної капусти притаманна найбільша аналітична цінність, а також вона є найбільш універсальним хімічним індикатором, оскільки містить складну суміш антоціанових пігментів, що забезпечують чітку, контрастну й послідовну зміну забарвлення у всьому діапазоні pH від 1 до 13. Інші досліджені рослинні матеріали (каркаде, куркума), продемонстрували високу селективність у вужчих інтервалах кислотності, що дозволяє використовувати їх для конкретних аналітичних завдань, зокрема для титрування чи виявлення лужного середовища.

Висновки. Отже, інтеграція отриманих результатів у шкільний курс хімії (9–10 класи) відкриває значні методичні можливості для наочного засвоєння фундаментальних тем, серед яких – «Кислоти та основи», «Електролітична дисоціація», «Якісні реакції» й «Природні органічні сполуки». Практичне застосування таких експериментів сприяє формуванню в здобувачів освіти дослідницьких навичок та екологічне мислення, стимулює пізнавальний інтерес до предмета завдяки ознайомленню з принципами «зеленої хімії». Крім того, варто наголосити, що виділені рослинні екстракти є повністю безпечною, доступною, економічно вигідною та наочною альтернативою токсичним

синтетичним реагентам, що робить їх ідеальним інструментом для використання як у навчальній лабораторній практиці, так і в побутових хімічних дослідженнях.

Перспективи подальших досліджень полягають у розробці інтерактивних лабораторних практикумів із дослідження pH-середовища для формування дослідницьких компетентностей здобувачів освіти в умовах НУШ.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Василець Я. Є. Організація проєктної діяльності учнів в умовах симпозіуму «Освіта і здоров'я підростаючого покоління» : зб. наук. праць : в 2 ч. / за ред. С. В. Страшка. Київ : Алатон, 2021. Вип. 3. Ч. 1. С. 137–139.

2. Закон України «Про освіту» від 05.09.2017 № 2145-VIII URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2145-19#Text (дата звернення: 28.08.2026).

3. Компетентнісно орієнтований підхід до оцінювання результатів навчання учнів: приклади завдань регіональних моніторингових досліджень : посібник / І. В. Капустін, Т. М. Голтяй, С. С. Євтушенко, О. О. Мілаш ; за заг. ред. Л. Д. Покроєвої. Харків : Харківська академія неперервної освіти, 2025. 254 с.

4. Про деякі питання розроблення та імплементації спецкурсів і модулів з ігрових технологій та діяльнісних методів навчання : наказ МОН України від 13.07.2021 № 813. URL: https://mon.gov.ua/npa/pro-deyaki-pitannya-vprovadzhennya-osvitnih-komponentiv-navchalnih-disciplin-speckursiv-moduliv-z-igrovih-ta-diyalnisnih-metodiv-navchannya-ta-rozvitku (дата звернення: 28.08.2026).

5. Стратегія розвитку освітніх оцінювань в Україні до 2030 року / *Український центр оцінювання якості освіти*. URL: https://testportal.gov.ua/strategiya-osvitnih-otsinyuvan-v-ukrayini-do-2030-roku/ (дата звернення: 24.08.2026).

6. STEM-освіта: теорія та практика : збірник науково-методичних матеріалів / уклад. О. В. Лозова, І. П. Василашко / за заг. ред. Ю. І. Завалевського. Київ : Видавничий дім «Освіта», 2024. 417 с. URL: https://kucprppkmr.od.gov.ua/wp-content/uploads/2025/01/STEM-osvita-teoriya-ta-praktyka-Elektronnyj-resurs-zbirnyk-naukovo-metodychnyh-materialiv.pdf (дата звернення: 25.08.2026).

Дата надходження до редакції: 05.09.2026